

**Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra mechanické technologie**

**Vliv technologie zinkování na vlastnosti ochranného  
systému**

**Influence of Galvanizing's Technology on the Properties  
of protective system**

**Student:**

**Rentka Tomáš**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. René Siostrzonek, Ph.D.**

**Ostrava 2015**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Rentka**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Vliv technologie zinkování na vlastnosti ochranného systému**  
**Influence of Galvanizing's Technology on the Properties of Protective System**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte problematiku technologie zinkování
2. Prostudujte problematiku duplexních systémů
3. Navrhněte metodiku experimentálních prací
4. Proved'te experimentální práce a jejich vyhodnocení
5. Zpracujte technickou zprávu

Seznam doporučené odborné literatury:

KUKLÍK, Vlastimil a Jan KUDLÁČEK. *Žárové zinkování*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2014, 199 s. ISBN 978-80-905298-2-3.

MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 2. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Strojní fakulta, 150 s. ISBN 80-707-8953-0.

PODJUKLOVÁ, Jitka. *Speciální technologie povrchových úprav I: Určeno pro posl. 5. roč. Fak. strojní*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1994, 71 s. ISBN 80-707-8235-8.

ČSN EN ISO 1461. *Zinkové povlaky nanášené žárově ponorem na ocelové a litinové výrobky - Specifikace a zkušební metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

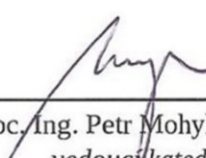
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. René Siostrzonek, Ph.D.**

Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



  
doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Poděkování**

Chtěl bych vyjádřit poděkování zaměstnancům VŠB – TU Ostrava, kteří se na bakalářské práci jakýmkoliv způsobem podíleli. Především bych chtěl poděkovat Ing. René Siostrzonek, Ph.D. za materiální a technickou pomoc, odborné vedení, a cenné rady a připomínky při její tvorbě.

### **MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ STUDENTA**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....15.5.2015.....

..........

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

15.5.2015



podpis studenta

**Adresa trvalého pobytu autora práce:**

Jana Opletala 92

Králíky

561 69

## ANOTACE

Rentka, T.: *Vliv přípravy povlaku zinku na vlastnosti ochranného systému*, Katedra mechanické technologie Fakulta strojní VŠB - technická univerzita Ostrava, 2015, počet stran 91s. Vedoucí bakalářské práce: Ing. René Siostrzonek, Ph.D.

Ve své bakalářské práci se zabývám studiem vlivu přípravy povlaku zinku na vlastnosti ochranného systému. V teoretické části práce byla popsána technologie zinkování a její technologická aplikace v různých metodách nanášení zinku. Dále výhody a nevýhody jednotlivých technologických aplikací. Technologická příprava povrchu základního materiálu před zinkováním. Tvorba ochranného systému (duplexního systému) a jeho opravy. V experimentální části byly popsány dva rozdílné typy vzorků (žárově zinkovaný plech a kontinuálně zinkovaný plech). Za úkol bylo zjištění, jak působí předúprava materiálu před nanášením následného nátěrového systému. Jako předúpravu jsme zvolili odmaštění a hodnotili jsme přilnavost ochranného systému. Pro posouzení mechanických vlastností a korozní odolnosti duplexního systému byla sestavena vhodná metodika experimentálních prací. Výsledky experimentálních prací byly zaznamenány, porovnány a vyhodnoceny.

## ANNOTATION

Rentka T.: *Influence of preparing zinc coating to qualities of protective system*. Department of mechanical technology Faculty of Mechanical Engineering VŠB - Technical University of Ostrava. Pages s. Manager of bachelor thesis: Ing. René Siostrzonek, Ph.D.

In my bachelor thesis I'm study influence of preparing zinc coating to qualities of protective system. In theoretical part I described zinc coating technology and their technological application in different method to zinc coating. Benefits and disadvantages individual technological application of zinc coating. Technological preparation of surface basic material before zinc coating. Creation protective system (duplex system) and their repairing. In experimental part was described two different types of samples (hot galvanized sheet metal, continually zinc coated sheet metal). Task was finding what consequence have preparation of basic material before application of duplex protective system. We choose as pretreatment degreasing and we evaluate adhesion protective surface. Samples with protective systems was tested on cross cut, lattice and corrosion test also seccesion. Results of this test was recorded compared and evaluated.

# Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk .....	11
Úvod .....	12
1 Technologie zinkování .....	13
1.1 Žárové stříkání (metalizace) .....	13
1.1.1 Výhody a nevýhody žárového stříkání (metalizace) .....	14
1.2 Sherardizace .....	14
1.2.1 Výhody a nevýhody sherardování .....	15
1.3 Neelektrolyticky nanášené mikrolamelové povlaky zinku .....	16
1.3.1 Výhody a nevýhody neelektrolyticky nanášených mikrolamelových povlaků zinku .....	17
1.4 Nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku .....	17
1.4.1 Výhody a nevýhody nátěrových hmot .....	18
1.5 Žárové zinkování ponorem .....	19
1.5.1 Výhody a nevýhody žárového zinkování ponorem .....	21
1.6 Elektrolytické (galvanické) zinkování .....	22
1.6.1 Výhody a nevýhody elektrolytického (galvanického) zinkování .....	23
1.7 Kontinuální zinkování .....	24
1.7.1 Výhody a nevýhody kontinuálního zinkování .....	25
2 Příprava povrchu před zinkováním .....	27
2.1 Odmašťování .....	27
2.2 Moření .....	28
2.3 Oplach .....	28
2.4 Otryskávání .....	29
2.4.1 Stepně čistoty povrchu dle jednotlivých norem .....	30
2.5 Ruční čištění (broušení, leštění, kartáčování) .....	31
3 Duplexní ochrana .....	32

3.1	Duplexní systémy .....	32
3.2	Žárové zinkování ponorem .....	33
3.3	Příprava povrchu zinku před aplikací nátěru .....	33
3.4	Aplikace duplexního systému .....	34
3.4.1	Vzduchové stříkání .....	34
3.4.2	Aplikace nátěru bezvzduchovým stříkáním - AIRLESS .....	35
3.5	Oprava duplexního systému .....	37
3.5.1	Povrchové vady nátěru duplexního systému .....	37
3.5.2	Vady duplexního systému až na povlak žárového zinku .....	37
3.5.3	Vady duplexního systému až na podkladový povrch .....	37
3.6	Životnost duplexního systému .....	38
3.6.1	Faktory ovlivňující životnost duplexního systému .....	38
4	Metodika experimentálních prací .....	40
5	Charakteristika vstupních materiálů a použitých přístrojů .....	41
5.1	Podkladový materiál .....	41
5.1.1	Žárově zinkovaný ocelový plech S355MC ponorem .....	41
5.1.2	Kontinuálně zinkovaný plech .....	42
5.2	Nátěrová hmota .....	43
5.3	Použité přístroje a přípravky potřebné k experimentální části .....	43
5.3.1	Odmašťovací přípravek .....	43
5.3.2	Měření povrchového napětí pomocí testovacích inkoustů .....	44
5.3.3	Měření drsnosti povrchu dle normy (ČSN EN ISO 4287) .....	44
5.3.4	Stanovení kotvícího profilu .....	45
5.3.5	Optický mikroskop NEOPHOT 2 .....	46
5.3.6	Sušicí pec .....	47
5.3.7	Měření mokré vrstvy hřebenovou měrkou .....	48
5.3.8	Měření suché tloušťky nátěru tloušťkoměrem .....	48



5.4	Křížový řez.....	49
5.5	Mřížová zkouška přilnavosti dle normy ČSN ISO 2409 .....	50
5.5.1	Odtrhová zkouška přilnavosti.....	52
5.5.2	Korozní zkouška v umělé atmosféře – zkouška solnou mlhou .....	54
6	Experimentální zkoušky, měření a výsledky .....	56
6.1	Informace o vzorcích .....	56
6.2	Měření povrchového napětí před odmašťováním .....	57
6.3	Měření drsnosti (před odmašťováním) .....	57
6.4	Metalografické hodnocení povrchu před provedeným odmašťováním .....	59
6.5	Odmašťování a sušení.....	60
6.6	Měření povrchového napětí po odmašťování .....	61
6.7	Měření drsnosti (po odmašťování).....	62
6.8	Metalografické hodnocení povrchu po provedeném odmašťování .....	63
6.9	Měření tloušťky zinku tloušťkoměrem .....	63
6.10	Stanovení kotvícího profilu.....	64
6.11	Aplikace nátěrové hmoty .....	66
6.11.1	Kontrola nátěru pomocí mokré měřky.....	66
6.11.2	Měření tloušťky nátěru tloušťkoměrem.....	66
6.12	Korozní zkouška v atmosféře.....	68
6.13	Měření přilnavosti .....	69
6.14	Příprava metalografických vzorků .....	73
7	Hodnocení experimentálních zkoušek a diskuze dosažených výsledků.....	75
7.1	Hodnocení povrchu před nástřikem ochranného systému .....	75
7.2	Drsnost povrchu.....	75
7.3	Kotvící profil.....	77
7.4	Vrstva zinku a ochranného systému .....	78
7.5	Vyhodnocení korozní komory dle normy ČSN EN ISO 4628 .....	79

7.6	Hodnocení přilnavosti ochranného systému .....	79
	Závěr .....	81
	Seznam použité literatury .....	82
	Seznam použitých obrázků .....	85
	Seznam tabulek .....	87
	Seznam grafů .....	88
	Seznam příloh .....	89

## Seznam použitých symbolů a zkratek

Symbol	Význam
μm	Mikrometr (velikost délky)
°C	Celsia (jednotka teploty)
s	Sekunda (jednotka času)
mm	Milimetr (velikost délky)
HCl	Kyselina chlorovodíková
Si	Chemická značka křemíku
PKO	Protikoroziční ochrana
Sa, St, SP	Značka čistoty povrchu po provedené přípravě povrchu dle různých norem
Bar	Jednotka tlaku
m <sup>2</sup>	Metr čtvereční (velikost plochy)
LCD	Displej z tekutých krystalů (zobrazovací zařízení)
Ra	Průměrná aritmetická odchylka posuzovaného profilu
Rz	Největší výška profilu
WFT	Mokrý tloušťka nátěru (μm)
NSS	Neutrální roztok chloridu sodného
AASS	Okyselený roztok chloridu sodného
CASS	Okyselený roztok chloridu sodného a měďnatého
Tp	Teplota prostředí (°C)
Tv	Teplota podkladového materiálu (°C)
RV	Relativní vlhkost vzduchu (%)
RB	Rosný bod (°C)
pH	Kyselost
Ø	Značka aritmetického průměru

## Úvod

V dnešní době se dbá na dlouhou životnost vyrobeného produktu. Společnosti se snaží využívat všechny dostupné technologie pro prodloužení životnosti a vyvíjet odolnější technologie. Povrchové úpravy prodlužují životnost, zabraňují vzniku koroze a zlepšují mechanické, povrchové a pohledové vlastnosti. Povrchových úprav existuje nepřeberné množství, ze kterého se volí optimální povrchová úprava. Optimální volba ochranného povlaku vyžaduje studium a zhodnocení mnoha faktorů, mezi které můžeme zařadit např.: technická data, prostředí, ve kterém se součást bude nacházet, ekologie, životnost výroby, ekonomická náročnost a další. Správně zvolená povrchová úprava může zefektivnit a zkvalitnit vyráběnou součást. Špatně zvolená povrchová úprava nám může součást úplně zničit.

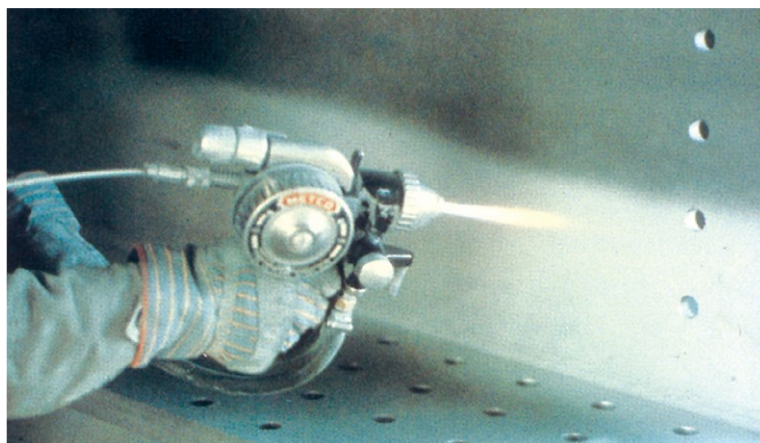
Mezi často využívané technologie povrchových úprav patří zinkování. Zinkování patří k nejstarším technologiím povrchových úprav. Zinkový povlak lze nanášet na součást různými způsoby např.: žárovým zinkováním ponorem, žárovým stříkáním (metalizace), elektrolyticky (galvanicky), mechanickým zinkováním, sherardováním, neelektrolyticky nanášenými mikrolamelovými povlaky zinku a nátěrovými hmoty s vysokým obsahem zinku.

# 1 Technologie zinkování

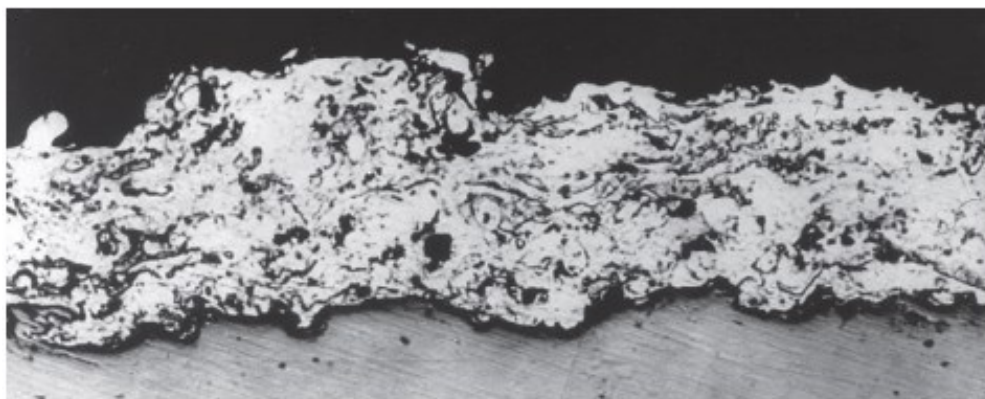
Pro tvorbu této kapitoly byly čerpány údaje z literatury [1], [2], [3], [4], [5].

## 1.1 Žárové stříkání (metalizace)

Povrch oceli se před žárovým stříkáním pečlivě očistí tryskáním - na stupeň čistoty minimálně Sa 2 ½ podle platné normy. Zinek ve formě drátu nebo prášku se přivádí do pistole a taví se v plynovém hořáku nebo elektrickém oblouku (obr. 2). Roztavený zinek ve formě malých kapek je pomocí tlakového vzduchu vrhán na povrch oceli. Přílnavost povlaku je čistě mechanická a vzniklá vrstva (povlak) je porézní s drsným povrchem. Povrch je vhodný pro následný organický povlak, který dále zvyšuje korozní odolnost (obr. 3).



Obrázek 1 - Žárové stříkání zinkem. [1]



Obrázek 2 - Řez žárově stříkaným povlakem zinku. [1]

Tloušťka povlaku se může pohybovat od 100  $\mu\text{m}$  do 300  $\mu\text{m}$ . Metoda je vhodná pro větší součásti s nepřiliš komplikovaným tvarem. Je například obtížné povlakovat roury

zevnitř. Technologie žárového stříkání zinku je také vhodná pro opravy vad povlaku žárově zinkovaného ponorem, předmětů poškozených svařováním nebo mechanickými účinky.

### **1.1.1 Výhody a nevýhody žárového stříkání (metalizace)**

Výhody žárového stříkání (metalizace):

- vysoká korozní a mechanická odolnost
- technologie žárového stříkání umožní i aplikaci na rozměrné díly
- povrch žárově stříkaného povlaku je ideální pro aplikaci všech nátěrových hmot
- aplikace lze provádět ve výrobních halách nebo přímo na místě montáže ocelových konstrukcí
- nenaruší základní vlastnosti materiálu

Nevýhody žárového stříkání (metalizace):

- komplikace u zinkování slepých děr, dutin a méně přístupných prostorů
- nestejnětloušťka povrchu
- náročnost svařování oceli se zinkovou ochrannou vrstvou, především kvůli ochraně obsluhy před vdechováním výparů zinku
- odborná obsluha stroje

## **1.2 Sherardizace**

Předměty očištěné mořením nebo tryskáním se smísí se zinkovým prachem a pískem v bubnu, který se za otáčení zahřívá těsně pod teplotu tání zinku 300 - 400°C. Teplota tání zinku je 419°C. V průběhu otáčení spolu reaguje železo a zinek, a na povrchu oceli se tvoří jejich sloučeniny.

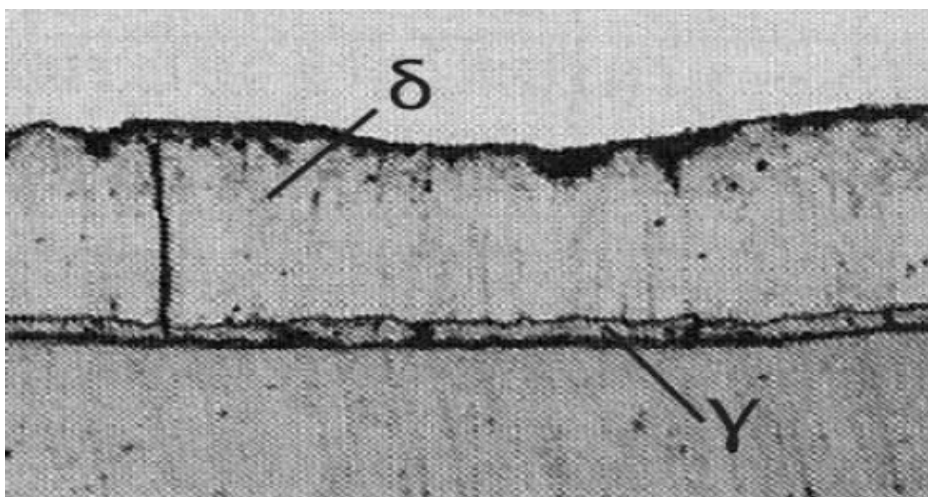
Sherardizace poskytuje relativně tenké povlaky (15 až 40 μm) s temně šedým až hnědošedým povrchem. Povlaky mají dobrou přilnavost a velmi rovnoměrnou tloušťku i na předmětech s velmi složitým tvarem. Metoda má přibližně stejnou oblast použití jako elektrolytické zinkování.

Po vlastním sherardování přichází na řadu chlazení v bubnu i s výrobky proudem vody, které trvá cca 1 hodinu. Dokončovací operace jako chlazení proudem vody nejsou v podstatě nutné. Pouze v některých případech je prováděno následné přelakování vzorku nebo pasivace (fosfátování, chromátování) s cílem zabránit vzniku „bílé rzi“, která může výrobek znehodnotit.

Sherardováním vzniká matná stabilní vrstva. Po chemické stránce je tvořena 2 fázemi (obr. 4).

- Fáze  $\delta$  – tvoří vnější vrstvu povlaku, obsahuje 7 – 11% Fe
- Fáze  $\gamma$  – tvoří vnitřní vrstvu povlaku, obsahuje 21 – 28% Fe

Vzniklá vrstva je funkcí času a teploty procesu.



Obrázek 3 - Příčný řez vrstvou povlaku se znázorněnými fázemi  $\delta$  a  $\gamma$ . [3]

### 1.2.1 Výhody a nevýhody sherardování

Výhody sherardování:

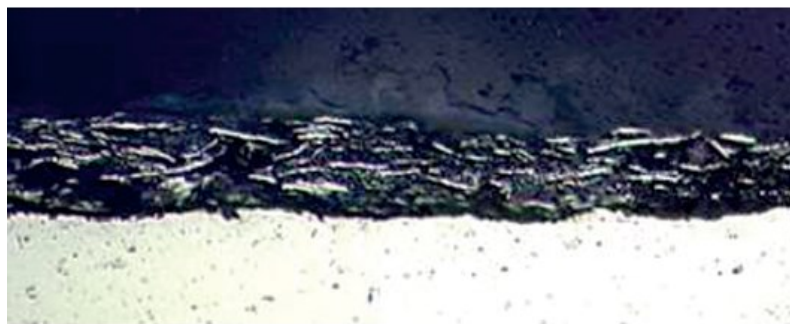
- velmi dobrá korozní odolnost a otěruvzdornost
- vyšší teplotní odolnost oproti žárovému zinkování ponorem
- odolnost proti střídajícím se teplotám
- rovnoměrnost tloušťky vrstvy
- ochrana proti vodíkové křehkosti
- vhodnost i pro slinované materiály

Nevýhody sherardování:

- nízká teplotní odolnost
- nerovnoměrnost chemického složení vrstvy (Fe a Zn)

### 1.3 Neelektrolytický nanášené mikrolamelové povlaky zinku

Povlaky se zhotovují nanášením suspenzí obsahujících mikrolamely zinku nebo hliníku (cca 50 – 60%) a vhodného pojiva. Působením tepla dochází ke spojování mikrolamel a pojiva za vzniku povlaku. Tloušťka povlaku se pohybuje od 6 do 22  $\mu\text{m}$  (obr. 5).



Obrázek 4 - Řez mikrolamelovým povlakem. [1]

Používá se především pro drobný spojovací materiál. Povlak poskytuje katodickou ochranu. Tyto povlaky se dále doplňují organickým vrchním povlakem nebo anorganickým utěšujícím povlakem. Některé povlaky lze kombinovat s vrstvami na bázi epoxyfenolických pojiv nebo silikon-lithium-oxidového polymeru.

Mikrolamelové zinko-hliníkové povlaky jsou používány v automobilovém, leteckém a stavebním průmyslu po celém světě. Mikrolamelové povlaky jsou určeny pro použití v automobilovém průmyslu a jiných inženýrských aplikacích na povrchy, které jsou vystaveny vysokému namáhání např. velmi vysokými teplotami, atmosférickým prostředím nebo agresivním prostředím. Používají se v široké řadě kombinací zinko-hliníkových základních vrstev a barvených organických vrchních povlaků. Povlaky mohou být dodatečně upraveny pasivací pro zvýšení korozní odolnosti, dalšími typy povlaků/maziva pro zvýšení frikčních vlastností, atd. V Evropě se nejčastěji používá technologie Delta-MKS (Mikroschicht-Korrosionsschutz-System).



### **1.3.1 Výhody a nevýhody neelektrolyticky nanášených mikrolamelových povlaků zinku**

Výhody neelektrolyticky nanášených mikrolamelových povlaků:

- při povlakování se nevyvíjí žádný vodík
- velmi dobře snáší vysoké teploty
- povlaky Delta<sup>®</sup> neobsahují žádné těžké kovy
- možnost povlakování průchozích dutých součástí
- možnost nanášení dalších vrstev

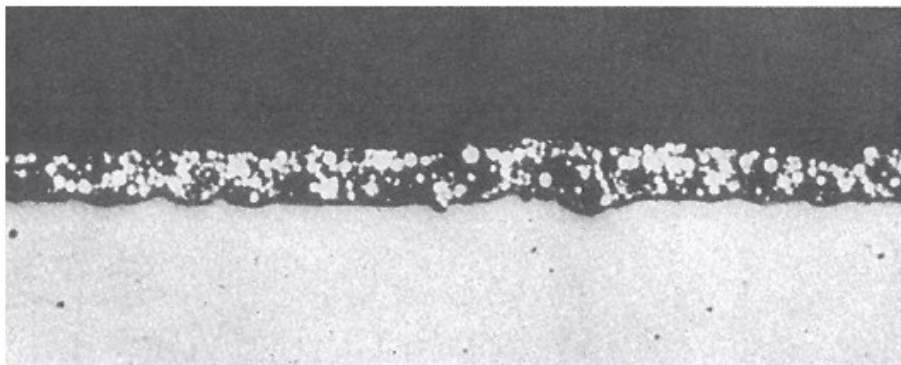
Nevýhody neelektrolyticky nanášených mikrolamelových povlaků:

- nanášení slabé vrstvy
- náročnost svařování oceli se zinkovou ochrannou vrstvou

### **1.4 Nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku**

Nátěrová hmota je považována za nátěrovou hmotu s vysokým obsahem zinku, jestliže je obsah zinkového prachu mezi 65 a 69% hmot. v nátěrové hmotě nebo je větší než 92% hmot. v suchém nátěrovém filmu. Nátěrové hmoty obsahující zinkový prach mohou být formulovány na bázi organického nebo anorganického pojiva. Nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku se aplikují na čistý suchý ocelový povrch stříkáním. Povrch by měl být otryskán na čistotu minimálně Sa 2½ podle normy EN ISO 8501–1 a požadovanou drsnost povrchu G (střední drsnost). V případě oprav, se volí ruční čištění až do nepoškozeného zinkového povlaku a v závěru se povrch otryská na požadovanou čistotu St 3 a požadovanou drsnost, dále se nanáší určený nátěr. Pro opravy je možné použít k aplikaci štětce. Pokud nelze při opravě použít tryskání volí se jiné opravné systémy

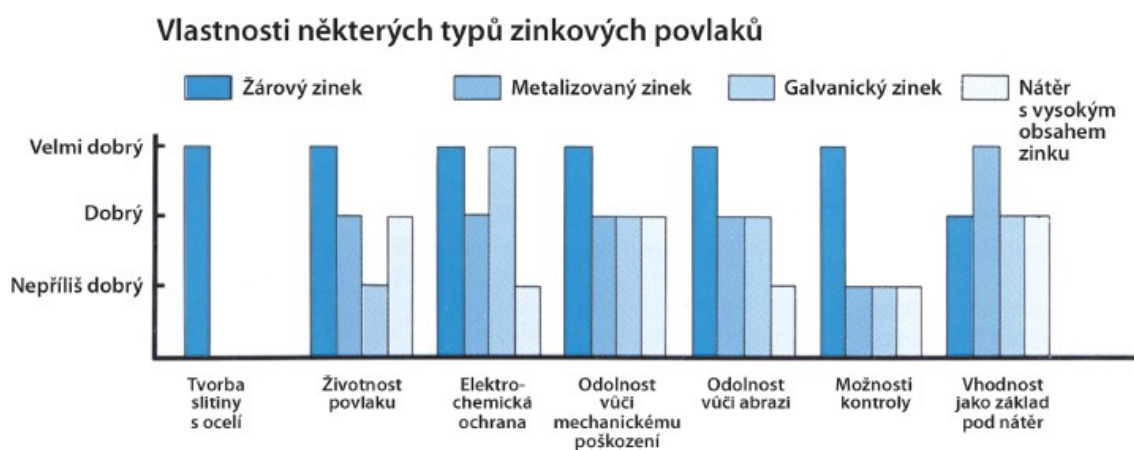
Aplikace nátěrové hmoty musí být provedena co nejdříve po přípravě povrchu. Nátěrová hmota musí být aplikována v souladu s instrukcemi výrobce. Aplikace těchto nátěrových hmot není povolena v podmínkách vysoké relativní vlhkosti a/nebo nízkých teplot, protože může být nepříznivě ovlivněna adheze.



Obrázek 5 - Řez nátěrovou hmotou s vysokým obsahem zinku. [1]

Nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku se můžou používat pro opravy malých poškození povlaku žárového zinku. Tloušťka opravného nátěru by měla být nejméně 100  $\mu\text{m}$ .

Porovnání vlastností různých povlaků je uvedeno na *Obrázku 6*.



Obrázek 6 - Porovnání vlastností různých zinkových povlaků. [1]

#### 1.4.1 Výhody a nevýhody nátěrových hmot

Výhody nátěrových hmot:

- jednoduchá oprava poškozených míst
- nenáročnost technologie
- jednoduchá aplikace

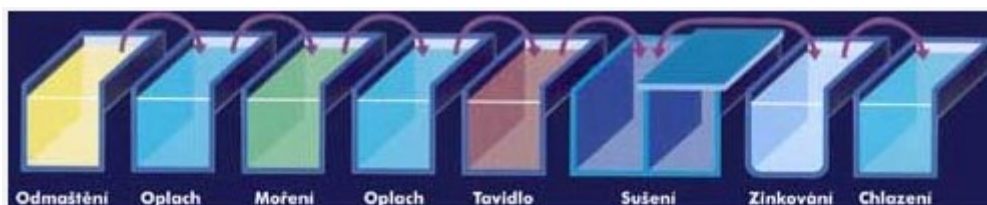
Nevýhody nátěrových hmot:

- nižší životnost oproti galvanickému zinkování
- malá odolnost vůči abrazi
- vyloučená aplikace za nízkých teplot

## 1.5 Žárové zinkování ponorem

Ochrana oceli zinkovou vrstvou byla objevena v roce 1741 francouzským chemikem Malouin. Metodu žárového zinkování ponorem vylepšil Francouz Sorel, kdy zavedl jako tavidlo chlorid amonný roku 1837. Tato metoda se používá dodnes.

Díly určené k žárovému pozinkování se musí připravit, a to odmaštěním, kdy se díly zbavují zbytku oleje, mastnot a tuků, poté mořením i rzi a nečistot. Moření probíhá v kyselině chlorovodíkové (cca 10 až 12%) nebo v kyselině sírové (max. 20%). Pro zvýšení účinnosti moření obsahuje mořicí lázeň železnaté soli. Přes lázeň s tavidlem se takto očištěné díly dostávají do sušící pece, kde se suší. Poté se usušené a očištěné díly dostávají do zinkovací lázně.

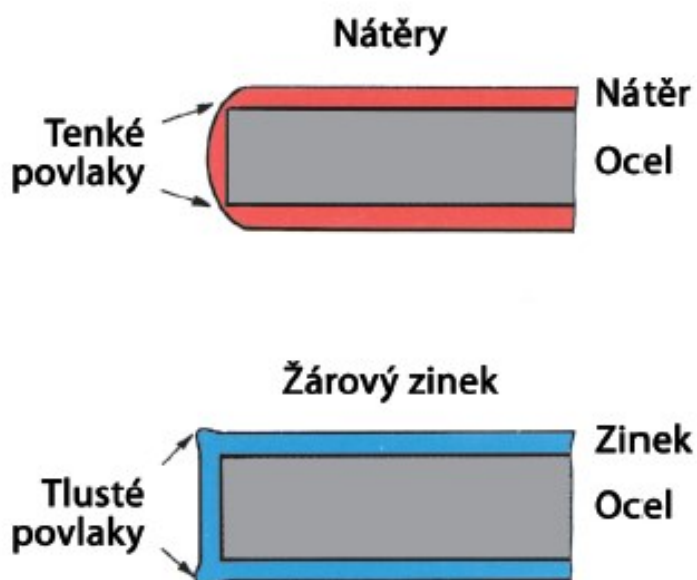


Obrázek 7 - Postup žárovým zinkováním ponorem. [5]

Vlastní zinkování se provádí ponořením výrobku do ocelových van se zinkovou lázní o teplotě cca 445 - 470°C. Pouze v keramických zinkovacích vanách lze provádět zinkování při teplotě nad 530°C (vysokoteplotní zinkování). Po úplném ponoření konstrukce se nechá v lázni po technologicky nutnou dobu. Tato doba je závislá na tloušťce zinkovaného materiálu a jeho konstrukci. Ukončení v rozmezí 30 – 60 s na 1 mm tloušťky materiálu. Ukončení zinkování se pozná ukončením chemického procesu - to je ukončením plynu a objevením zinkového popela na hladině taveniny. Poté se výrobky pomalu vytahují ven z lázně. Po vytažení ze zinku se materiál v peci očistí od kapek a závoje zinku.



Obrázek 8 - Žárové zinkování ponorem. [1]

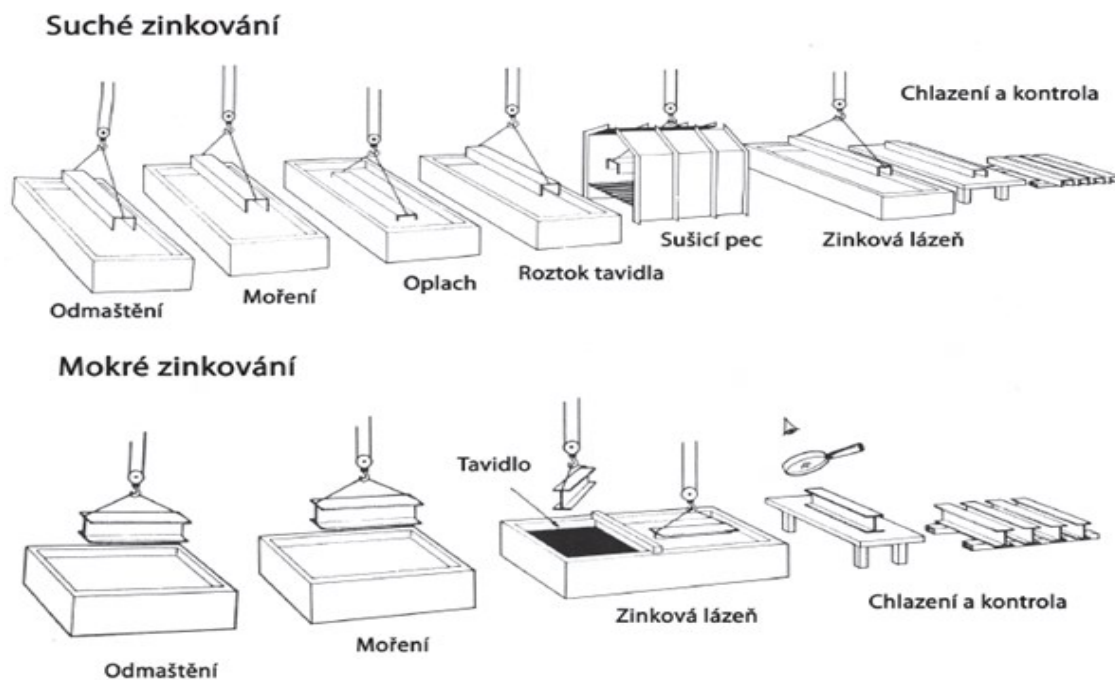


Obrázek 9 - Porovnání povlaku barvy a zinku v rozích. [1]

Rozeznáváme dva druhy žárového zinkování ponorem:

- suchý způsob neboli suché zinkování (lze snáz zmechanizovat)
- mokrá způsob neboli mokré zinkování

Rozdíl je v provedení mezi tavidlem, sušící pecí a zinkovou lázní. Obě uvedené varianty poskytují z hlediska kvality a úrovně protikorozní ochrany stejné povlaky. Suchý způsob je běžnější z důvodu snadnější mechanizace.



Obrázek 10 - Rozdíl mezi suchým a mokrým zinkováním. [1]

### 1.5.1 Výhody a nevýhody žárového zinkování ponorem

Výhody žárového zinkování ponorem:

- nízké vstupní náklady
- dlouhá životnost, a tím i nízké náklady na opravy
- povrchová úprava se provádí v pevných zařízeních definovanou technologií, což dává velkou jistotu, že nedojde ke vzniku chyb
- rovnoměrný a kvalitní povlak na celém povrchu zboží, i na vnitřních a obtížně přístupných plochách
- stejná nebo větší tloušťka povlaku na ostrých hranách a výstupcích než na rovinných plochách
- dobrá odolnost zinkového povlaku proti mechanickým vlivům při dopravě, zatížení a montáži zajišťuje, že zinková vrstva jen zřídka vyžaduje opravy na místě
- žárově zinkovanou ocel je možné svařovat všemi běžnými způsoby
- jednoduchá a rychlá kontrola

Nevýhody žárového zinkování ponorem:

- nelze provádět na místě, vyžaduje pevné zařízení
- barvu zinkového povlaku je možné změnit pouze nátěrem
- rozměry konstrukce jsou omezeny velikostí zinkovací lázně, pokud se nepoužívá svařování nebo šroubové spojení
- určité riziko u povrchů tvářených za studena, například tenkých plechů nebo profilů, které se deformují vlivem tepla v zinkovací lázni
- svařování pozinkované oceli vyžaduje poněkud náročnější proceduru v porovnání s nepovlakovanou ocelí; vzniká nebezpečí zinkové horečky, pokud dojde k vdechnutí exhalací při svařování

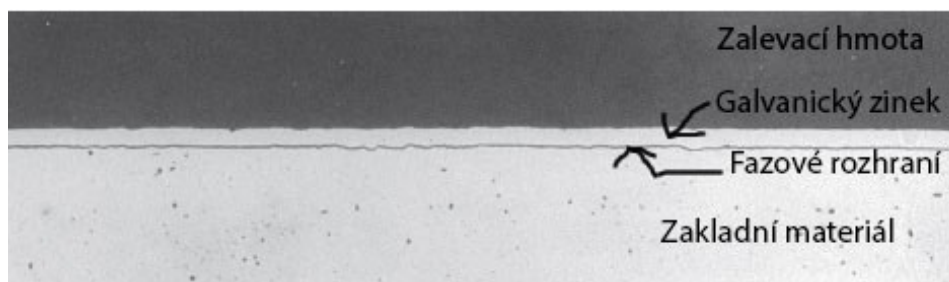
## 1.6 Elektrolytické (galvanické) zinkování

Ocelový povrch se nejprve odmastí (často se spojuje předúprava s elektrolytickým odmašťováním) a pak očistí od okuji a rzi mořením. Součásti se zavěsí do vhodného roztoku zinečnaté soli (elektrolyt) a zapojí se jako katoda ke zdroji stejnosměrného proudu. Jako anoda se zapojí desky z čistého zinku. Elektrolyt může být kyselý, neutrální nebo alkalický a podle toho se volí druh zinečnaté soli. Jakmile se zapojí proud, rozpouští se zinek z anody a ve formě zinečnatých iontů putuje ke katodě, kde se vylučuje na povrchu součástí. Proudový výtěžek, tj. velikost podílu proudu využitého na vyloučení zinku, má velký význam u oceli, která je citlivá na vodíkovou křehkost. Je to tím, že nevyužitý proud způsobí hlavně vyloučení vodíku.

Větší předměty se běžně zavěšují na přípravky (závěsy, háky, atd.), zatímco menší předměty (šrouby, matice, kování atd.) se pokovují v bubnech. Přípravky nebo bubny se pohybují mezi různými lázněmi – často s pomocí programovatelných robotů.

Vytvořená vrstva zinku má velmi jemnozrnnou strukturu a na povrchu oceli drží pouze mechanicky (obr. 1). Normalizované tloušťky povlaků jsou 3, 5, 8, 12, 20  $\mu\text{m}$ . Běžně se používá 5 až 8  $\mu\text{m}$ . Tenčí povlaky se používají především na hromadných součástích, zatímco tlustší povlaky ( $> 20 \mu\text{m}$ ) se zpravidla vytvářejí pouze na součásti s jednoduchou geometrií, například na drátu. Pro tloušťky větší než 15  $\mu\text{m}$  je často ekonomičtější součásti pozinkovat žárově. Je možné pozorovat, že tloušťka povlaku při elektrochemickém zinkování se často na

povrchu součásti mění - v závislosti na jejím tvaru a umístění anod. Pomocné anody je nutné použít, aby se povlak vytvořil i v zastíněných místech.



Obrázek 11 - Řez elektrolyticky naneseným povlakem zinku. [1]

Povrch zinku je velmi hladký, se „stříbřitým“ kovovým leskem. Přídavkem tzv. leskutvorných přísad je možné získat vysoce lesklé povlaky. Elektrolyticky pozinkované předměty se běžně chromátují, aby byl povrch zinku chráněn během skladování a dopravy. Chromátové vrstvy jsou bezbarvé nebo modré, žluté či zelené podle jejich tloušťky nebo složení chromátovací lázně (může obsahovat trojmocný nebo šestimocný chrom). Kdysi byl hodně využíván šestimocný chrom, ale z důvodu zdravotní závadnosti byl roku 2003 zakázán evropskou unií.

Elektrolyticky pozinkované předměty se nedoporučuje používat ve venkovním prostředí s výjimkou velmi krátkých expozic. Měly by se používat pouze předměty žárově zinkované.

### 1.6.1 Výhody a nevýhody elektrolytického (galvanického) zinkování

Výhody elektrolytického (galvanického) zinkování:

- přijatelné vstupní náklady
- dlouhá trvanlivost ochranné povrchové vrstvy, není třeba povrch často udržovat
- malá pravděpodobnost vzniku chyb díky vytváření úpravy povrchu v kontrolovaném prostředí zinkovací linky s přesně definovanou technologií
- tloušťka zinkové vrstvy je snadno ovlivnitelná
- možnost vytvořit povrch různých barevných odstínů, například pomocí chromátování, které dále zvyšuje korozní odolnost
- jednoduchá kontrola kvality povrchu

Nevýhody elektrolytického (galvanického) zinkování:

- nemožnost vytvořit úpravu přímo na místě montáže
- velikost zinkovací lázně je omezená, nelze tedy zinkovat rozměrnější nerozebíratelné konstrukce
- náročná ekologická likvidace odpadních produktů
- komplikace u zinkování slepých děr a dutin, vzniká vzduchová bublina nebo pracovní médium nemá kudy unikat při vytažení z lázně
- při moření pomocí kyselin nebo při samotném zinkování se v lázni vylučuje vodík, který může pronikat do povrchu oceli a tím způsobovat vodíkovou křehkost
- náročnost svařování oceli se zinkovou ochrannou vrstvou, především kvůli ochraně obsluhy před vdechováním výparů zinku

## 1.7 Kontinuální zinkování

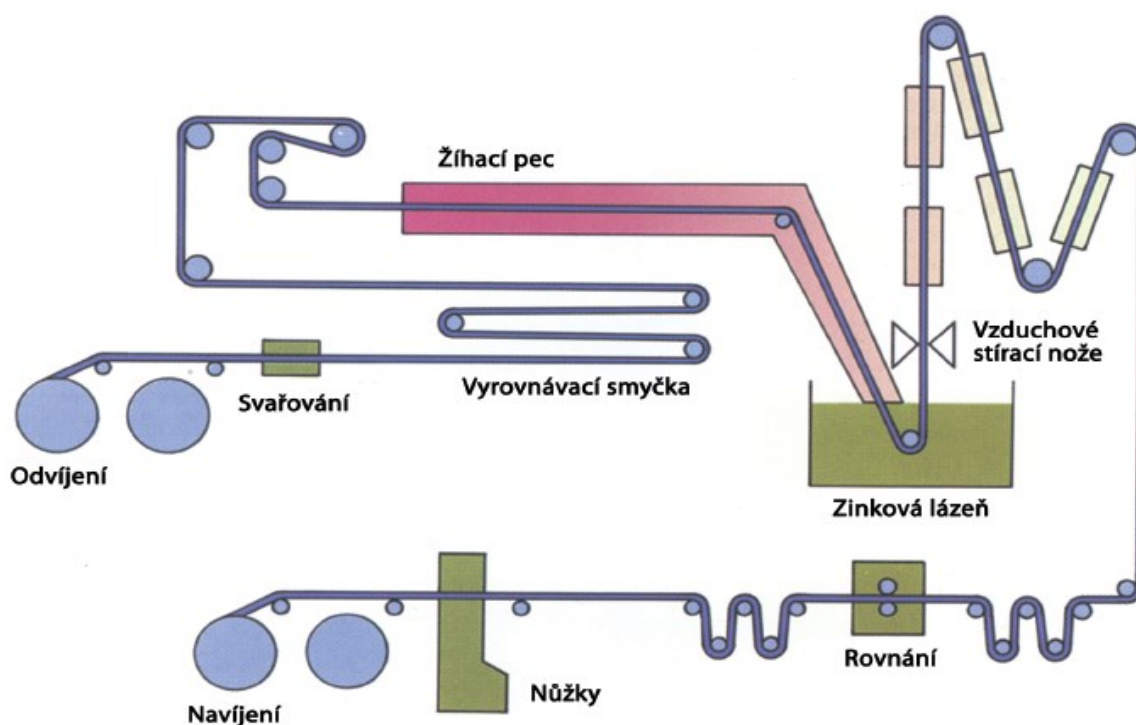
V současnosti nejvýznamnější technologií protikorozi ochrany je žárové zinkování. Metoda spočívá v žárovém zinkování ponorem. Ponořování ocelového dílce nebo konstrukce do roztaveného zinku v kontinuální proces zinkování, který se s výhodou používá při zinkování pásů plechu, trubek a drátů. I když je u nás metoda považována za mladou, v zahraničí je známa už roky, její počátky sahají už do poloviny 19. století. Avšak produkce zinkovaných dílců a konstrukcí v České republice stále roste.

Drát, páska nebo roury se zinkují suchým nebo mokřým způsobem v zařízeních pracujících kontinuálně. Bezprostředně po vytažení ze zinkové lázně se přebytečný zinek z povrchu součástí setře (drát), ofoukne (páska, roura) nebo profoukne (roura). Povlak je pak rovnoměrný a lesklý. Tloušťku zinkového povlaku je možné v určité míře regulovat stíráním nebo ofukem.

Tenký plech se žárově zinkuje v kontinuálních zařízeních, kde je celý proces propojen do uzavřeného systému. Základním materiálem je za studena válcovaný plech ve svitcích, které se v průběhu procesu svařují do nekonečného pásu (obr. 12). Po odmaštění se pás moří nebo oxiduje. Potom se povrch redukcí při 950°C zbaví oxidů. Současně probíhá změkčovací žíhání oceli. Povrch oceli je kovově čistý a v ochranné atmosféře vstupuje přímo do zinkovací lázně. Po několika sekundách v zinkovací lázni vystupuje pás kolmo vzhůru a prochází mezi



tzv. vzduchovými stíracími noži, které jemným proudem vzduchu nebo páry stírají zinkový povlak na požadovanou tloušťku. Řízení tloušťky vrstvy a nastavení stíracích nožů se provádí pomocí tloušťkoměrů a počítačů. Přes ochlazovací sekci, rovnání a úpravu, kde se provádí ochrana proti vzniku bílé rzi, se pás vede k formátovacím nůžkám, navíjí se na svitky pro expedici nebo pro další povlakování plastem, organickým povlakem nebo k dalšímu tváření. Tenký ocelový plech se zinkuje buď mikrolegovaným, nízkolegovaným nebo vysokolegovaným zinkem. Nejběžnější legurou je v tomto případě hliník. Typické obsahy hliníku jsou od 0,2% (žárově pozinkovaný plech) přes 5% (Galfan) po 55% (Aluzink, Galvalume). Úzká páska či drát se může zinkovat stejně jako tenký plech.



Obrázek 12 - Kontinuální žárové zinkování (plechů drátu). [1]

### 1.7.1 Výhody a nevýhody kontinuálního zinkování

Výhody kontinuálního zinkování:

- povrchová úprava se provádí v pevných zařízeních definovanou technologií, pod dohledem počítače, což dává velkou jistotu, že nedojde ke vzniku chyb
- kvalita zinkového povlaku je zcela nezávislá na počasí v průběhu provádění úpravy
- rovnoměrný a kvalitní povlak na celém povrchu zboží

- žárově zinkovanou ocel je možné svařovat všemi běžnými způsoby
- vyplatí se při větším množství
- možnost zinkovat nekonečně dlouhou délku

Nevýhody kontinuálního zinkování:

- nelze provádět na místě, vyžaduje pevné zařízení
- vysoké pořizovací náklady
- rozměry jsou omezené (tloušťka a šířka)
- svařování pozinkované oceli vyžaduje poněkud náročnější proceduru v porovnání s nepovlakovanou ocelí; vzniká nebezpečí zinkové horečky, pokud dojde k vdechnutí exhalací při svařování.

## 2 Příprava povrchu před zinkováním

Pro tvorbu této kapitoly byly čerpány údaje z literatury [6], [7].

### 2.1 Odmašťování

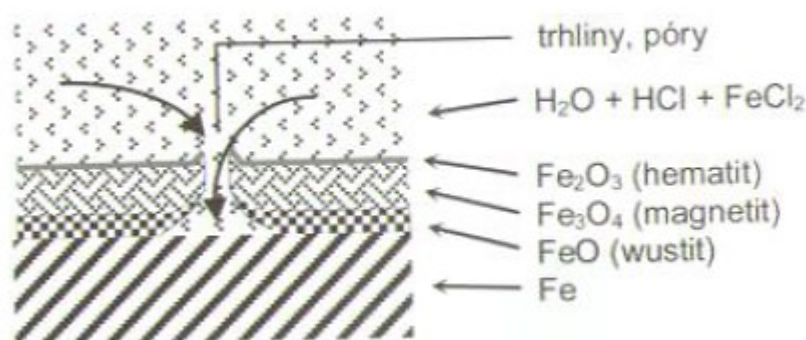
Nejvýznamnější úpravou materiálu před zinkováním je odmaštění. Povrch součástí určený k zinkování je nejprve odmašťovací lázní zbaven mastnot a tuků, které by bránily jeho dokonalému smáčení v mořicí lázni. Nejčastěji používané odmašťovací přípravky jsou kyselé nebo alkalické.

Alkalické odmašťování se provádí ve vodném roztoku alkalického odmašťovadla, obvykle s přísadou tenzidů. Hlavními složkami alkalických přípravků jsou hydroxid sodný a fosforečnan draselný. Odmašťování probíhá rozpouštěním tuků a jejich emulací. Ideální teplota lázně je 50°C, aby lázeň dosáhla potřebné účinnosti. Z hlediska energetického je tento princip poměrně náročný. Existují odmašťovací přípravky, které pro dosažení požadovaného stupně odmaštění nevyžadují zvýšenou teplotu. Určitými technologickými postupy, např. instalací mechanického zařízení pro sběr tuku z hladiny lázně apod., je možné životnost odmašťovací lázně výrazně prodloužit. Po alkalickém odmašťování musí vždy následovat oplach, aby se předcházelo znehodnocení kyselé mořicí lázně.

Rostoucí oblibě se těší kyselé odmašťování. Používané přípravky, které obsahují rovněž tenzidy, nejčastěji využívají účinků kyseliny fosforečné ve směsi s kyselinou dusičnou, sírovou nebo chlorovodíkovou. Výhoda kyselých odmašťovacích lázní spočívá v tom, že již v průběhu odmašťování nastává proces moření a především v tom, že se v nich tuky nerozpouštějí, ale vysrážejí a ve formě sedimentu se usazují na dně vany. Sediment se v určitých intervalech odebírá a lázeň má prakticky neomezenou životnost. Doplňuje se pouze úbytek způsobený výnosem na odmaštěné zboží. Kyselé odmašťovací prostředky pracují při teplotě prostředí.

## 2.2 Moření

Dokonale kovově čistého povrchu je na odmaštěných součástech dosahováno následovným mořením v anorganické kyselině. Nejčastěji se využívá k moření kyselina chlorovodíková v koncentraci do 14%. Mořicí lázně je pro zvýšení účinnosti zakládána s určitým podílem chloridu železnatého, který lépe rozpouští okuje, pokrývající povrch zinkovaných dílců. V mořicí lázni stoupá v průběhu její životnosti obsah železa při klesajícím obsahu volného HCl. K dosažení optimálních časů moření je nutno obsah obou složek v roztoku udržovat ve vhodném vzájemném poměru. Zpravidla se na základě analýzy chemického složení zvyšuje obsah volného HCl tak, že po odčerpání předem vypočítaného objemu mořicího roztoku přidá do lázně stejné množství koncentrované kyseliny. Do mořicí lázně jsou přidávány inhibitory, které omezují rozpouštění železa při moření a snižují míru sycení oceli vodíkem.



Obrázek 13 - Princip odstranění okují mořicím roztokem. [6]

Výjimečně je v některých zařízeních k moření využívána kyselina sírová. Ta musí být pro dosažení dostatečného mořicího účinku ohřívána na teplotu 50°C, což je spojeno se zvýšenou energetickou náročností a redukcí emisí.

## 2.3 Oplach

Po operaci moření je při suchém procesu vždy zařazen oplach, aby nedocházelo k přenášení chloridu železnatého ze součástí do tavidla a následně do zinkovací lázně, kde má škodlivý účinek, který vede ke zvýšené tvorbě odpadního tvrdého zinku (fáze ζ). Některé moderní zinkovny mají dvojstupňový oplach, který slouží k zabránění přenosu chloridu železnatého (oplachuje se dvakrát ve dvou oplachových lázních). Voda z první oplachové lázně je v provozu využívána k doplňování odparu z mořicí lázně a odčerpané množství je pak

doplňováno z druhé oplachové lázně, kam se následně doplňuje čistá užitková voda. Tím je zajištěno, že provozovna neprodukuje žádné odpadní vody, které by se jinak musely nákladně ekologicky odstraňovat.

## **2.4 Otryskávání**

Povrchové úpravy s využitím otryskávání fungují na principu vystřelování abraziva (skleněných kuliček, korundu, ořechových skořápek, suchým ledem, vodním paprskem, ocelového drátku nebo kuliček atd.) proti opracovávanému povrchu pro zdrsnění nebo naopak vyhlazení povrchu, formování povrchu nebo odstranění nežádoucích látek jako je rez, barva nebo zbytky usazenin.

Jedním z hlavních problémů během této operace je oddělení abraziva od obroušeného prachu a zajištění bezprašného provozu. Běžně se otryskávání provádí venku nebo ve speciálních kabinách.

Dnes se otryskávání používá nejčastěji ve strojírenství k závěrečnému čištění povrchu materiálu před povrchovou úpravou např. lakováním či ochranného povlaku. Jsou dva možné způsoby, jak dodat jemným částicím velkou rychlost. Prvním způsobem je unášení abrazivních částic proudem stlačeného vzduchu (tlakovzdušné tryskání), druhým způsobem je mechanické metání abrazivních částic.



Obrázek 14 - Otryskávání. [7]

Otryskávání je používáno i ve stavebnictví k opravování zdiva, betonu a kamene. Zejména ve městech je otryskávání jednou z technologií, jak odstraňovat z fasád, sloupů a jiných ploch zbytky plakátů, grafitů a podobná znečištění.

#### 2.4.1 Stepně čistoty povrchu dle jednotlivých norem

Tabulka 1 - Stepně čistoty povrchu dle jednotlivých norem.

ČSN EN ISO 8501-1	DIN 55928	SIS 055900	SSCP	Popis
Sa 3	Sa 3	Sa 3	SP - 5	Otryskání až na vizuálně čistý povrch
Sa 2,5	Sa 2,5	Sa 2,5	SP - 10	Velmi důkladné otryskání
Sa 2	Sa 2	Sa 2	SP - 6	Důkladné otryskání
Sa 1	Sa 1	Sa 1	SP - ?	Lehké otryskání
St 3	St 3	St 3	SP - 03	Velmi důkladné ruční a mech. čištění
St 2	St 2	St 2	SP - 2	Důkladné ruční a mech. čištění

## 2.5 Ruční čištění (broušení, leštění, kartáčování)

Ručním čištěním rozumíme odstraňování hrubých nečistot, např. rzi, starých nátěrů apod. Používají se kartáče s ocelovými dráty různých tvrdostí a provedení, která jsou určena do ručních nástrojů např. vrtaček, úhlových brusek, atd. Pro matovou úpravu povrchu se užívá kartáčů s jemnými dráty, např. mosaznými. Znečištěné kartáče se čistí odmašťováním a mořením. Pro zjemnění upraveného povrchu před leštěním a pro dosažení stejnoměrného vzhledu se používají kartáče s přírodními nebo umělými vlákny (fibr, sisal, silon, žíně) mazané brusnými pastami.

Nejdostupnější je očištění povrchu ručním ocelovým (drátěným) kartáčem. Je to velice citlivý a pracný postup, ale je dostupný i v polních podmínkách. Zachovává prakticky všechny detaily opracování.

Další způsob je ruční broušení smirkovým plátnem nebo jinými slovy klasické „šmirglování“. Plátna jsou dostupná ve všech možných zrnitostech. Ručním broušením odstraníme povrchovou strukturu, kde se ohladi vyvýšené detaily. Plátno se nedostane do prohlubní, zato vyniknou povrchové plošky, které můžou způsobovat v povlaku různé defekty například „krupici“.

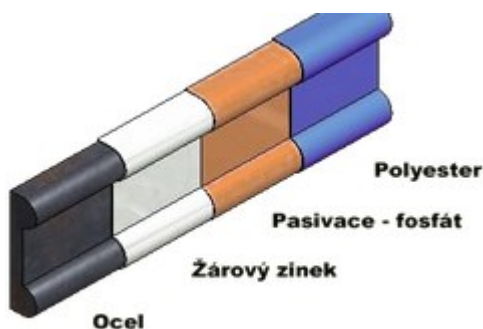
A poslední způsob je strojní broušení za použití lamelového kotouče a úhlové brusky. Je to vlastně podobný kotouč, jako se používá na broušení, ale po obvodu je kolem dokola nalepena řada vzájemně se překrývajících čtverečků brusného plátna. Tato metoda dovoluje i upravit konečný tvar. Vystouplé detaily, hrany, otřepy se dají vyhladit.

Tyto metody jsou málo používané v hromadné výrobě a spíše se používají na doladění různých nepřesností u kusové výroby.

### 3 Duplexní ochrana

Pro tvorbu této kapitoly byly čerpány údaje z literatury [8], [9], [10], [11].

Protikorozní ochrana je v dnešní době velmi důležitou součástí výrobního procesu. Životnost a odolnost samotného povlaku lze zvýšit pomocí duplexního povlaku neboli kombinovaným povlakem. Neodborně řečeno tato metoda spočívá v nanesení dvou různě odolných materiálů na očištěný podklad, a to v základní vrstvě více odolný materiál, v druhé vrstvě méně odolný materiál. Velmi často se nanáší zinkový podklad a vrchní barva. Dlouhá životnost duplexních povlaků spočívá v tom, že dochází k postupné degradaci jednotlivých povlaků – nátěrový systém, pak zinkový povlak a nakonec podkladový (základní) materiál.



Obrázek 15 - Schéma duplexní povrchové úpravy. [6]

#### 3.1 Duplexní systémy

Tyto systémy se skládají ze zinkového povlaku vytvořeného zpravidla žárovým zinkováním ponorem a povlaku nátěrových hmot. Takto vytvořená kombinace ocelovému povrchu poskytuje vysokou protikorozní ochranu, která se používá i v prostředí s nejvyšším stupněm korozní agresivity prostředí. Dbá se při této metodě hlavně na dodržování veškerých doporučených postupů, jak u zinkového, tak i u nátěrového povlaku. Při žárovém zinkování ponorem je důležité u materiálu sledovat obsah křemíku, který nesmí přesáhnout 0,03% nebo z intervalu 0,12% až 0,30% Si. Samotná konstrukce musí splňovat technologické zpracování, jaké se vyžaduje pro zinkování a nanášení barvy, a mnohé další jako například: otvory pro přívod a odvod kapalin, velikost van, únosnost van, atd. Důležité je zvolit jednu vhodnou technologii nanášení zinku, která byla popsána v kapitole 1 a správně materiál očistit některou správně zvolenou metodou, která byla popsána v kapitole 2.



### 3.2 Žárové zinkování ponorem

Vždy je dobré uvědomit zinkovny, že na pozinkovanou součást se bude nanášet nátěrový systém. Často se považuje kovově lesklý zinkový povrch za dostatečně čistý k provedení nátěru.

Je vhodné, aby výrobek po provedeném zinkování nebyl chlazen ve vodě (z důvodu čistoty vody). Různé nečistoty se mohou usazovat na povrchu a tím negativně ovlivnit výslednou přilnavost nátěru. Výrobek se nedoporučuje skladovat v prostoru zinkovny. Technologický proces tvorby zinkového povlaku obsahuje operace moření a použití tavidla. Výpary z těchto lázní můžou negativně ovlivnit výslednou životnost následného nátěru. (Ovzduší je zde agresivnější a částice ulpí na povrchu zinku, a s vodou vytvoří film, který sníží přilnavost nátěru). Tyto nečistoty jsou běžným okem nepozorovatelné.

Kontrola kvality se řídí normou a zde měřítkem pro hodnocení kvality povlaku je obvykle tloušťka a vzhled povlaku, popřípadě se dělají různé opravy těchto vad, například zinkovou barvou či žárovým stříkáním zinku. Tyto kontroly se provádí přímo v zinkovnách.

### 3.3 Příprava povrchu zinku před aplikací nátěru

Velmi důležitou operací před nanášením nátěru, je posouzení povrchu zda odpovídá všem parametrům a jakostem. Pokud je povrch zinku v souladu s doporučením norem, lze přistoupit k přípravě povrchu před aplikací duplexního systému. Pro dlouhou životnost nátěrového systému se jako příprava povrchu volí lehké otryskání, takzvaný sweeping. Účelem je odstranit korozní produkty jako je bílá rez a umožnit tak ukotvení následující vrstvy nátěru. Důležité je, aby při sweepingu nedošlo k porušení zinkového povlaku, tudíž je nutné zvolit správnou technologii tryskání, tryskací tlak, použité abrazivo a velmi důležitým faktorem je také zkušený personál, který provádí sweeping. Povrch by měl vykazovat stejně matný vzhled. Další možnosti přípravy povrchu je ruční a/nebo mechanizované čištění povrchu. Toto je vhodné spíše pro malé plochy nebo pro opravu nátěrového systému. Ruční a/nebo mechanizované čištění se nedoporučuje tam, kde se požaduje vysoká životnost nátěrového systému, protože nedosáhneme požadované drsnosti povrchu (kotvícího profilu). Další možností přípravy povrchu je chemické čištění, resp. odmašťování povrchu. K tomuto účelu existuje mnoho přípravků a technologií. Odmašťováním docílíme odstranění z povrchu

materiálu různých mastnot, prachu apod., ale nezajistí se požadované zdrsnění povrchu (kotvící profil), což se musí zohlednit při návrhu nátěrového systému. Přesto má příprava povrchu odmašťováním ve specifické oblasti strojírenství své uplatnění.

### **3.4 Aplikace duplexního systému**

Při volbě nátěru duplexního systému je nutné si uvědomit, že ne každá základní nátěrová hmota je vhodná pro povlak žárového zinku. Z těchto důvodů je dobré se vždy podívat do údajového listu nátěrové hmoty či kontaktovat výrobce nátěru.

Zhotovení samotného nátěru, jehož cílem je dosažení vysoké kvality předepsaných parametrů a životností, se řídí podle určitých pravidel:

- Interval mezi tryskáním a aplikací nátěru musí být co nejkratší
- před aplikací základního nátěru je nutné odstranit zbytky tryskacího media
- příprava nátěrových hmot a aplikační podmínky musí být v souladu s technickým listem
- aplikace nátěrů
- dodržování intervalu přetíratelnosti
- kontrola nátěru během aplikace pomocí hřebenovými měrkami
- kontrola klimatických podmínek
- měření suché tloušťky nátěru

Nedodržení těchto podmínek vede k předčasnému poškození nátěrového systému.

#### **3.4.1 Vzduchové stříkání**

Stříkací pistole pro klasické konvenční vzduchové stříkání, používají pro atomizaci barvy velký objem vzduchu při tlacích 2 - 7 bar. Směs barvy a vzduchu potom nanášíme křížovými pohyby na podklad. Výsledkem je velmi dobré rozprášení barvy, ale i větší přestřík, což znamená více ztrát barvy rozptýlené do okolí. Přenosová účinnost se pohybuje do max. 45%.



*Obrázek 16 - Vzduchová stříkácí pistole. [9]*

Pro snížení emisí a vyšší využití barvy při stříkání byla vyvinuta modifikace vzduchového stříkání - HVLP (High Volume Low Pressure). Systém HVLP používá pro atomizaci barvy velký objem vzduchu o nízkém tlaku (do 0,7 bar). Výsledkem je nízký přestřík a vysoká přenosová účinnost (množství materiálu, které se dostane na lakovaný povrch v porovnání s celkovou spotřebou barvy). Čím více vzduchu použijeme pro atomizaci barvy, tím lepší je jakost povrchu. Čím má tento proud vzduchu nižší tlak, tím nižších přestříků docílíme. Výsledkem dobré regulace vzduchu a nátěrové hmoty je vysoká efektivnost stříkání s minimálním přestříkem.

#### **3.4.2 Aplikace nátěru bezvzduchovým stříkáním - AIRLESS**

Materiál se na upravený podklad nanáší bez využití vzduchu jako nosiče. Na rozprašování se používá vysoký tlak stříkácího materiálu (nátěru) proudícího přes trysku. Pracovní tlak těchto zařízení se pohybuje od 60 až do 300 barů, u výkonných zařízení v průmyslu i více, a to podle druhu materiálu a typu zařízení. Výhodou vysokotlakých bezvzduchových stříkacích zařízení je vysoký plošný výkon, nízký odpad stříkaného materiálu (od 2 - 5%) a nenáročná a jednoduchá obsluha.



*Obrázek 17 - Zařízení pro nanášení nátěru (bezvzduchové). [11]*

Tato zařízení jsou většinou konstruována tak, že nasávání materiálu je přímo z kbelíku či sudu. Výkonnější stroje umožňují souběžné stříkání se dvěma i třemi pistolemi, což znásobuje plošný výkon. Vertikální výtlak dovoluje obsluze pracovat do výšek 100 metrů a přitom stroj zůstává dole. Tyto stroje jsou schopny zpracovávat velmi širokou škálu nátěrových hmot - od jemných laků a lazur, přes podkladové barvy a polyuretany, až po materiály na pryskyřičné bázi. Úspěšně se s nimi dají rozprašovat i husté materiály a umožňují také stříkat materiály s vysokou i velmi nízkou viskozitou. Vysokotlaké bezvzduchové systémy mají pístová nebo membránová čerpadla. Jejich pohon se volí podle předpokládaného místa nasazení - elektromotorem, spalovacím agregátem nebo pneumaticky. Zařízení se spalovacím a pneumatickým pohonem dosahují zpravidla vyšší výkony.

Výtěžnost stříkání se pohybuje od 400 m<sup>2</sup> až po 1000 m<sup>2</sup> (dle typu barvy a stroje). Použití výkonnějších zařízení umožňuje připojení více pistolí najednou.

### **3.5 Oprava duplexního systému**

Vlivem manipulace ať už v závodě nebo na stavbě dochází k poškození duplexního systému. Všechny tyto vady, pokud nejsou opraveny, výrazným způsobem snižují životnost konstrukce i životnost duplexního systému. V těchto místech dochází přednostně ke korozi. Tyto vady dělíme do třech skupin.

#### **3.5.1 Povrchové vady nátěru duplexního systému**

Povrchové vady a poškození je nutné opravit přebroušením smirkovým papírem s jemným přechodem povrchu do neporušeného okolního nátěru. Následně povést opětovné nanesení nátěru s požadovanou tloušťkou dle zvoleného nátěrového systému. Nanesení je dle potřeby válečkem, štětcem, či vzduchovým nebo bezvzduchovým stříkáním.

#### **3.5.2 Vady duplexního systému až na povlak žárového zinku**

Při poškození duplexního povlaku až na žárový zinek se oprava provádí ručním nebo mechanizovaným broušením. Při broušení je nutné dbát zvýšené opatrnosti na to, aby nedošlo k odstranění povlaku zinku. Poté by oprava musela být provedena způsobem popsáním v následující kapitole. I v tomto případě musí být broušení poškozené plochy provedeno s hladkým a pozvolným přechodem do neporušeného okolního nátěru (povlaku).

#### **3.5.3 Vady duplexního systému až na podkladový povrch**

Zde je doporučený postup opravy popsán normou ČSN EN ISO 1461. Opravu lze provést žárovým stříkáním zinku nebo nanesením vhodného nátěru obsahujícího pigment z práškového zinku, popř. vhodným povlakem ze zinkových mikrolamel nebo zinkovou pastou. K opravě lze použít i pájku ze slitiny zinku. Technologicky nejpříjemnějším způsobem opravy duplexního systému ocelových konstrukcí je oprava pomocí nátěrových hmot. Minimálním požadavkem na přípravu povrchu před aplikací opravného nátěru je ruční

anebo mechanizované očištění povrchu na stupeň čistoty povrchu St 3 s hladkým a plynulým přechodem do neporušeného okolního povlaku s následující aplikací opravného nátěrového systému.

### **3.6 Životnost duplexního systému**

Životnost ochranného systému a záruční doba. Životnost je technický předpoklad, který umožňuje sestavit program údržby. Záruční doba je předmětem smluvních ustanovení mezi zúčastněnými stranami.

Životnost duplexních systémů se skládá z životnosti žárově zinkovaného povlaku (podklad) a životnosti ochranného nátěrového systému (barva). Pomocí takovéto kombinace má mnohem delší životnost než každý povlak samostatně. Hovoříme zde o tzv. synergickém efektu obou povlaků, neboli o společném působení, součinnosti obou povlaků. Výsledkem synergie je životnost, která je větší než součet obou životností povlaků, uvádí se jako 1,5 až 2,3 násobek součtu systémů. Násobky se určují u každé konstrukce zvlášť dle typu použití a působícího prostředí, ve kterém výrobek bude plnit svou funkci.

#### **3.6.1 Faktory ovlivňující životnost duplexního systému**

- Konstrukční řešení.
- Typ ochranného systému.
- Stav podkladového materiálu před jeho přípravou.
- Kvalita odvedených prací při přípravě povrchu.
- Úroveň kvality prací při nanášení povlaku.
- Způsob, kvalita a četnost údržby ocelové konstrukce, apod.
- Podmínky při nanášení povlaku.
- Podmínky vytvrzení povlaku.
- Podmínky expozice po nanesení povlaku (makro a mikroklimatické podmínky, specifické korozní zatížení, apod.).
- Stupeň přípravy povrchu.

Uvedené faktory nám celkovou životnost duplexního systému snižují. I přesto duplexní systémy poskytují dlouhodobou a vysoce kvalitní ochranu ocelových konstrukcí před působením koroze.

## 4 Metodika experimentálních prací

- Rozbor povrchu vzorků pomocí optického mikroskopu.
- Měření povrchového napětí pomocí testovacích inkoustů.
- Měření drsnosti podkladového materiálu (ČSN EN ISO 4287).
- Měření tloušťky zinkového povlaku suchou měrkou (ČSN EN ISO 2808).
- Měření kotvícího profilu TESTEX páskou a indikátorem Mitutoyo.
- Zhotovení nátěrového filmu na žárově zinkovaném a kontinuálně zinkovaném ocelovém podkladu.
- Stanovení tloušťky mokrého a suchého nátěrového filmu (ČSN EN ISO 2808).
- Měření přilnavosti nátěrového systému.
  - Odtrhová zkouška přilnavosti (ČSN EN ISO 4624).
  - Křížový řez (ČSN EN ISO 16276-2).
  - Mřížková zkouška přilnavosti (ČSN ISO 2409).
- Korozní zkouška v umělé atmosféře – zkouška solnou mlhou dle normy ČSN EN ISO 9227.
- Vyhotovené metalografických výbrusů a snímků nátěrového systému.



## 5 Charakteristika vstupních materiálů a použitých přístrojů

Pro tvorbu této kapitoly byly čerpány údaje z literatury [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29].

### 5.1 Podkladový materiál

Jako podkladový materiál byl použit:

- ocelový plech S355MC žárově zinkovaný ponorem dle ČSN EN ISO1461
- kontinuálně zinkovaný plech dle ČSN EN ISO1461

#### 5.1.1 Žárově zinkovaný ocelový plech S355MC ponorem

Ocelový plech S355MC za tepla válcovaný, také označovaný ČSN EN 10 149-2. Mechanické vlastnosti a chemické složení je popsáno v *tabulce 2 a 3*.

*Tabulka 2 - Mechanické vlastnosti Ocelového plechu S355MC.*

Ocelový plech S355MC	
Mez skluzu $R_e$ (N/mm <sup>2</sup> )	355
Mez pevnosti $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	430-550
Tažnost $A_{80}$ (%min.)	19

*Tabulka 3 - Jakost základního ocelového plechu S355MC.*

Označení oceli	C	Mn	Si	P	S	N	Al
S355MC	0,04290	0,98900	0,02000	0,01000	0,00700	0,00690	0,02800

Pro experimenty byly použity vzorky o rozměrech 150 x 100 x 3 mm, které byly žárově zinkované ponorem.



*Obrázek 18 - Vstupní materiál (vzorek) žárově zinkovaný ponorem.*

### **5.1.2 Kontinuálně zinkovaný plech**

Pro experimentální část byly použity vzorky plechu kontinuálně zinkovaného o rozměrech 150 x 100 x 0,8 mm s průměrnou tloušťkou zinkové vrstvy 19,59  $\mu\text{m}$ .



*Obrázek 19 - Vstupní materiál (vzorek) kontinuálně zinkovaný plech.*

## 5.2 Nátěrová hmota

Pro experimentální část byla použita dvousložková polyuretanová nátěrová hmota Hemplathane Fast Dry 55750. Nátěrová hmota má využití v protikorozi ochraně ocelových konstrukcí, vystavených nejtěžšímu koroznímu prostředí. Je přednostně koncipovaná jako vrchní nátěr v nátěrovém systému. Lze ji však využít jako jednovrstvý nátěr pro ochranu ocelového materiálu i pro ochranu zinkovaných povlaků.

Tabulka 4 - Základní údaje o nátěrové hmotě.

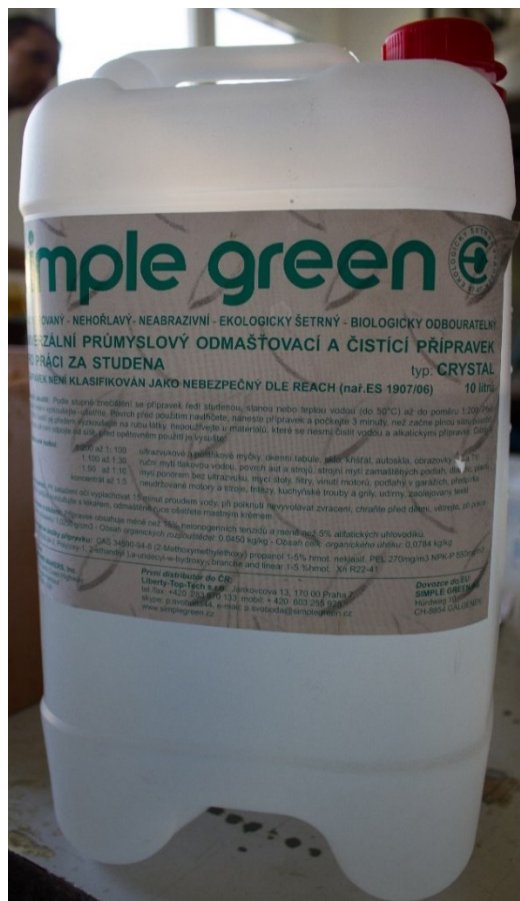
Číslo odstínu	Obsah sušiny (%)	Teoretická vydatnost (m <sup>2</sup> /l)	Specifická hmotnost (Kg/l)	Doporučená tloušťka suchého filmu (μm)	Bod vzplanutí (°C)
12170 (šedá)	65	6,5/1	1,4/1	100	29

Technický údajový list této barvy přikládám do příloh.

## 5.3 Použité přístroje a přípravy potřebné k experimentální části

### 5.3.1 Odmašťovací přípravek

Odmašťovací přípravek SIMPLE GREEN od firmy SIMPLE GREEN<sup>®</sup> je velmi účinný a nemusí se používat přehřev lázně, lze odmašťovat za pokojových teplot. Nahrazuje přípravky jako: tetrachlorethylen (perchlorethylen), trichlorethylen, louh (hydroxid sodný, hydroxid draselný), toluen, technický benzín, aceton, xylén a jiné bezoplachové prostředky. Je určen pro různé způsoby mytí: ruční mytí, tlakové čištění, mytí ponorem a mytí v ultrazvukových myčkách. Tento přípravek se také vyznačuje svou šetrností k přírodě.



Obrázek 20 - Použité odmašťovadlo.

### 5.3.2 Měření povrchového napětí pomocí testovacích inkoustů

Pro test odmaštění jsme využili testovací inkoust ARCOTEST 38mN/m k určení povrchového napětí. Testovací inkousty jsou roztoky o definovaném povrchovém napětí. Zvolená zkouška se provádí nanesením inkoustu na povrch materiálu a optickým vyhodnocením souvislosti inkoustu. Povrchové napětí je jedno z rozhodujících kritérií pro adhesi (přilnavost) tiskařských barev, laků, lepidel, nátěrů, atd. Jako obecný limit přilnavosti je často uváděna hodnota 38 mN/m. Jestliže povrchové napětí je pod touto hodnotou, přilnavost bude nedostatečná, nad hodnotou bude přilnavost uspokojivá.

### 5.3.3 Měření drsnosti povrchu dle normy (ČSN EN ISO 4287)

Pro měření drsnosti jsme použili měřicí přístroj Mitutoyo SURFTEST SJ-301 – přenosný drsnoměr s dotykovým panelem LCD a vestavěnou tiskárnou. Lze nastavovat různé

měřicí podmínky a naměřená data lze stáhnout do počítače pro další práci. Přístroj disponuje pamětí, do které lze uložit 20 sad měření. Profil skenované drsnosti lze vidět přímo na LCD panelu což umožňuje obsluhu číst naměřené výsledky. Veškeré výsledky měření lze ihned vytisknout nebo stáhnout do počítače. Měří v rozsahu 0,3 - 12,5 mm.



Obrázek 21 - Mitutoyo SURFTEST SJ-301.

Měření bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 4287. Drsnost povrchu je charakterizována různými parametry. V našem případě byly měřeny následující parametry:

- Ra – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu
- Rz – největší výška profilu

#### 5.3.4 Stanovení kotvícího profilu

Pro stanovení kotvícího profilu byl použit indikátor MITUTOYO – DIAL THICKNESS GAUGE a speciální páska PRESS-o-film<sup>TM</sup> firmy TESTEX.





*Obrázek 22 - Měření kotvícího profilu.*

TESTEX páska umožňuje měřit a zaznamenávat největší rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším místem povrchu. Páska se skládá z pěny a nestlačitelné výztuhy. Strana, na které je umístěna pěna, se přiloží na měřený povrch a pomocí plastové tyčinky se vtlačí do povrchu, až se objeví tmavá místa – tím je získán otisk povrchu. Výška kotvícího profilu se změří pomocí indikátoru MITUTOYO. Pro správné měření se od naměřené hodnoty musí odečíst. Tloušťka pásky byla v našem případě 50  $\mu\text{m}$ .

### **5.3.5 Optický mikroskop NEOPHOT 2**

Optický mikroskop NEOPHOT 2 je navržen tak, aby zkoumal metalografické vzorky, které vyfotografuje připojeným fotoaparátem NIKON E990. Umožňuje zvětšení 25 až 2000x, pozorováním v jasném poli.

V našem případě budeme zkoumat metalografický výbrus ze vzorků a zaznamenáme povrch odmaštěného a neodmaštěného vzorku jak u žárově zinkovaného plechu, tak i u kontinuálně zinkovaného plechu.



*Obrázek 23 - Mikroskop NEOPHOT 2 pro záznam povrchu.*

### **5.3.6 Sušící pec**

Sušení bude probíhat v sušící peci od výrobce ZAVODY ELEKTROTEPELNÝCH ZAŘÍZENÍ (ZEZ).



*Obrázek 24 - Sušící pec SN30/4.*

- typ: SN30/4
- jmen. topný příkon 3 Kw
- jmen. provozní teplota 200°C

### 5.3.7 Měření mokré vrstvy hřebenovou měrkou

Měření mokré vrstvy nátěru bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 2808. Byla použita hřebenová měrka nátěrů od firmy BASTRO s rozsahem měření 25 - 2000  $\mu\text{m}$ . Při měření je povrch podkladu v kontaktu s částí měřicího přístroje přes vrstvu povlaku a povrch povlaku. Tloušťka mokrého filmu je rozdíl výšky mezi těmito dvěma kontaktními body, který může být přímo odečten. Výsledek měření tloušťky závisí na době měření. Proto by měla být tloušťka povlaku měřena co nejdříve po jeho nanesení.



Obrázek 25 - Měrka mokrého nátěru.

### 5.3.8 Měření suché tloušťky nátěru tloušťkoměrem

Měření dle normy ČSN EN ISO 2808 za použití digitálního přístroje ELCOMETR 456 v kombinaci s použitou sondou FNF (sonda pro železné i neželezné materiály – povlaky).

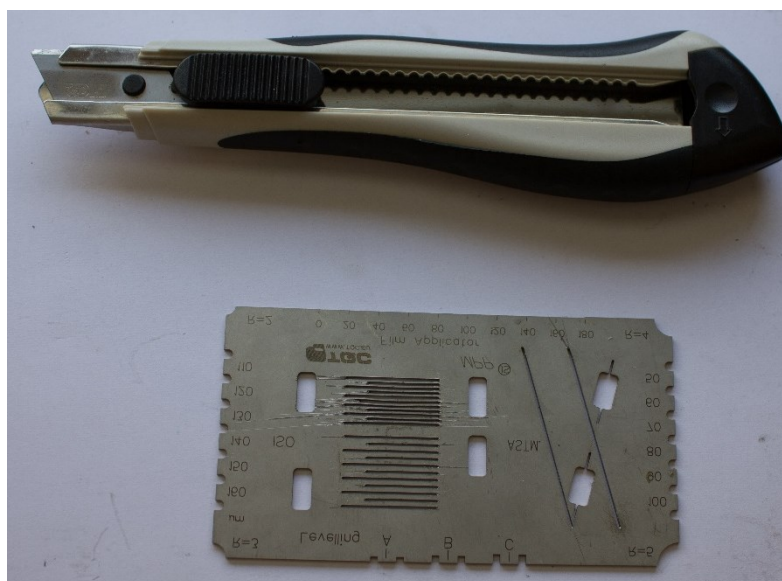




Obrázek 26 - ELCOMETR 456 sonda FNF.

## 5.4 Křížový řez

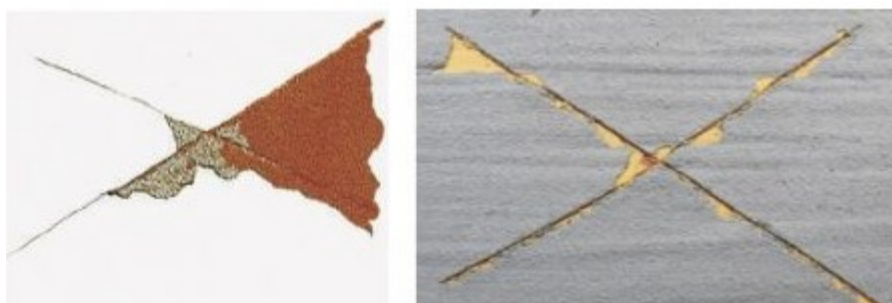
Stanovení přilnavosti nátěru metodou křížový řez (X řezem), kterou specifikuje norma ČSN EN ISO 16276-2. Pro tuto zkoušku jsme využili destičku pro křížový řez od firmy TQC, nůž s přesnou geometrií ostří a lepicí pásku o dané přilnavosti. Zkouška je vhodná pro stanovení přilnavosti nátěru v terénu. Na čistém a suchém povrchu se provedou dva řezy nátěrem až k podkladu, každý o délce 40 mm, které se vzájemně kříží ve středu, a svírají mezi sebou úhel 30 - 40°. Po odtržení lepicí pásky, přilepené v místě křížení řezů, se plocha řezu X hodnotí dle stupnice uvedené v normě (obr. 28).



Obrázek 27 - Měrka s nožem pro křížový řez.

Klasifikace	Popis	Vzhled
0	Žádný odlup	
1	Nepatrný odlup podél řezů	
2	Odlup podél řezu, v ploše max. do vzdálenosti 1,6 mm od křížení řezů	
3	Odlup podél řezu, v ploše max. do vzdálenosti 3,2 mm od křížení řezů	
4	Odstranění povlaku z většiny plochy mezi řezy	
5	Odstranění povlaku i mimo plochu křížového řezu	

Obrázek 28 - Hodnocení přilnavosti nátěru Křížový řez ČSN EN ISO 16276-2. [13]



Obrázek 29 - Ukázka zkoušky křížovým řezem. [15]

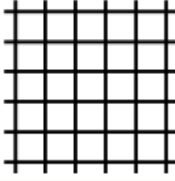
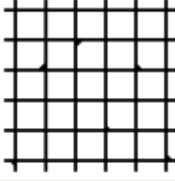
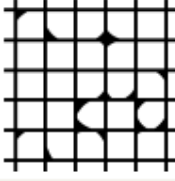
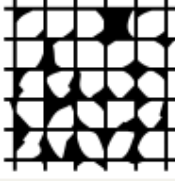
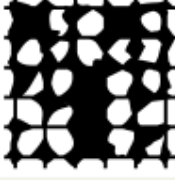
## 5.5 Mřížová zkouška přilnavosti dle normy ČSN ISO 2409

Pro zkoušku byla použita měřicí sada ELCOMETER 141. Principem zkoušky je vytvořit mřížku proříznutím vrstvy nátěru až k povrchu základního materiálu. Tyto řezy se skládají z pravoúhlých řezů. Potom se místo řezu očistí kartáčkem a přiloží se adhezivní páska, která se následně odtrhne. Kvalita nátěru se hodnotí podle stupně poškození vzniklého odtržením adhezivní pásky. Nože pro mřížkovou zkoušku jsou určeny pro měření přilnavosti a křehkosti již vytvrzených laků nebo nátěrů. Pomocí nožů se vyřežou čtvercové políčka

mřížky, dle požadavku normy, podle které provádíme danou zkoušku. Vyhodnocení mřížkové zkoušky se provádí pohledově a to dle normy (obr. 30).

Tloušťka nátěru (μm)		Rozestupy mezi řezy
0 - 60		1 mm (tvrdé podklady)
0 - 60		2 mm (měkké podklady)
61 – 120		2 mm (měkké I tvrdé podklady)
121 - 250		3 mm (měkké I tvrdé podklady)

Klasifikace	Popis	Vzhled
0	Řezy zcela hladké, žádný čtverec není poškozen	
1	Nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží. Poškozená plocha nesmí přesahovat 5%	
2	Nátěr nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení. Povrch mřížky smí být poškozen z více než 5% a méně než 15 % celkové plochy	
3	Nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně, nebo celý, na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15 % a menší než 35 %	
4	Na nátěru velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Plocha mřížky je poškozena z více jak 35 % ale méně než 65 %	
5	Změny, které jsou větší než u stupně 4	

Obrázek 30 - Hodnocení přilnavosti nátěru mřížkovou zkouškou dle ČSN ISO 2409. [13]



Obrázek 31 - Sada ELCOMETER 141. [13]

### 5.5.1 Odtrhová zkouška přilnavosti

Zkoušku jsme prováděli dle normy ČSN EN ISO 4624 za použití zkušebních válečků a odtrhoměru ELCOMETER F106. S měřicím rozsahem (0 - 22 MPa). Odtrhoměr vyvíjí tahové napětí, které musí být kolmé k rovině podkladu s nátěrem a musí vzrůstat rovnoměrně s rychlostí nepřevyšující 1 MPa/s. Zkušební váleček je normalizovaný, vyrobený z hliníkové slitiny. Funkční plocha musí být před použitím zdrsňena. Přilnavost nátěrových systémů musí být nejméně 3 MPa.

#### Postup zkoušky:

- Obroušení dosedacích ploch na válečku i nátěru.
- Namíchání lepidla s poměrem 1/1 a nanesením na funkční plochu válečku.
- Přilepení válečku na nátěr.
- Porušení nátěru a přebytečného lepidla až na podkladový materiál podél zkušebního válečku pomocí řezného nástroje.
- Umístění odtrhoměru a podložky (obr. 32) a provedení zkoušky.
- Odečtení hodnoty odtrhové pevnosti (napětí v tahu v MPa).
- Vyhodnocení lomové plochy.



Obrázek 32 - ELCOMETER F106

Zkušební valečky jsou lepeny dvousložkovým epoxidovým lepidlem s poměrem tužení 1:1.



Obrázek 33 - Dvousložkové epoxidové lepidlo.



### 5.5.2 Korozní zkouška v umělé atmosféře – zkouška solnou mlhou

Zkouška se řídí dle normy ČSN ISO 9227. Pro zkoušku byla použita korozní komora typ S 400 M TR, Leibisch. Norma stanovuje přístroje, chemikálie a postupy pro zkoušky v mlze: NSS, AASS, CASS. V našem případě byla zkouška provedena v mlze NSS (v mlze neutrálního roztoku chloridu sodného). Doba zkoušky v korozní komoře byla stanovena na 100 hodin.



Obrázek 34 - Korozní komora [29].

- v průběhu zkoušky je pH rozprašovaného roztoku v rozmezí 6,5 – 7,2
- zkušební vzorky musí být umístěny v komoře tak, aby nebyly vystaveny přímému postřiku mlhou z rozprašovače
- úhel musí být 20° ke svislici, pod kterým je povrch vzorku vystaven působením mlhy
- teplota ve zkušební komoře  $35 \pm 2^\circ\text{C}$

#### Postup zkoušky:

- Zhotovení nátěrového filmu na podkladovém materiálu.
- Vzorky byly poškozeny řezem (min. 50 mm), který musí proniknout až k podkladu. Tento řez simuluje poškození ochranného nátěrového systému.
- Hrany zkušebních vzorků byly přelepeny lepicí páskou.

- Vzorky byly umístěny do korozní komory.
- Po skončení zkoušky se vzorky vyjmou a před oplachem se nechají 0,5 až 1 hodinu oschnout. Pak se vzorky opláchnou v čisté tekoucí vody o teplotě nepřesahující 40°C a poté se ihned osuší proudem vzduchu.
- Vyhodnocení zkoušky bylo provedeno vizuální kontrolou a destruktivními zkouškami stanovujícími přilnavost nátěrových systémů (odtrhová zkouška přilnavosti, křížový řez a mřížková zkouška přilnavosti).

## 6 Experimentální zkoušky, měření a výsledky

Pro tvorbu této kapitoly byly čerpány údaje z literatury [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29].

Zkoušky s výsledky budou řazeny tak, jak zkoušky v laboratoři probíhaly.

### 6.1 Informace o vzorcích

V *Tabulce 5* jsou uvedené veškeré vzorky a potřebné informace pro orientaci mezi vzorky. Pro náš experiment jsme potřebovali 6 sad vzorků po dvou kusech.

*Tabulka 5 - Informace o vzorcích a číslování sad vzorků.*

Sada vzorků	1	2	3	4	5	6
Označení vzorků	23, 24	16, 17	18, 69	1Od, 2Od	1N, 2N	3Od, 3N
Rozměr vzorků (mm)	150 x 100 x 3			150 x 100 x 0,8		
Povrchová úprava	Žárově zinkované ponorem			Kontinuálně zinkované		
Odtrhová zkouška	Zkoušeno			Nezkoušeno		
Odmaštění	Ano	Ne	Ano - 69 Ne - 18	Ano	Ne	Ano - 3Od Ne - 3N
Korozivní zkouška v atmosféře			Umístěno Čas: 100 hodin			Umístěno Čas: 100 hodin
Nanesení duplexního systému	Tlakové stříkání 2,5 - 3 bar Tryska 1,6 mm					
Měření drsnosti	Měřeno (vstupní materiál, po odmaštění)					
Měření tloušťky zinku a nátěru	Měřeno					
Kotvící profil	Měřeno					
Test odmaštění	Měřeno před a po odmaštění					

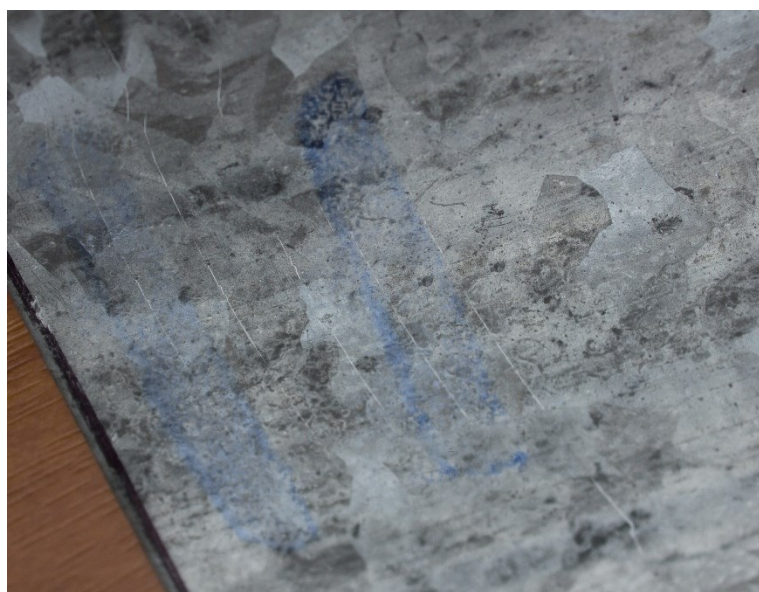


## 6.2 Měření povrchového napětí před odmašťováním

Pro měření jsme použili testovací inkoust o povrchovém napětí 38 (ARCOTEST 38mN/m). Na obrázku (obr. 36 a 37) vidíme, že vzorky neprošli odmašťováním a z výroby jsou pořád znečištěné (není souvisle zabarvená plocha).



*Obrázek 35 - Zkouška odmaštění žárového zinku (nevyhovující).*



*Obrázek 36 - Zkouška odmaštění kontinuálně zinkovaného plechu (nevyhovující).*

## 6.3 Měření drsnosti (před odmašťováním)

Pomocí přístroje Mitutoyo SURFTEST SJ-301 jsme změřili vstupní vzorky (obr. 38). Výsledky měření jsou uvedené v *Tabulce 6*.



Obrázek 37 - Měření drsnosti v podélném směru žárového zinku.

### Měřicí podmínky pro žárový zinek:

- měřicí standard ISO 97
- profil měření R
- $\lambda_c = 2,5$  mm (mezi vlnová délka)
- $l = 12,5$  mm (délka měřeného úseku)

### Měřicí podmínky pro kontinuálně zinkovaný plech:

- měřicí standart ISO 97
- profil měření R
- $\lambda_c = 0,8$  mm (mezi vlnová délka)
- $l = 4$  mm (délka měřeného úseku)

Tabulka 6 - Měření drsnosti před odmaštěním ČSN EN ISO 4287 žárového zinku.

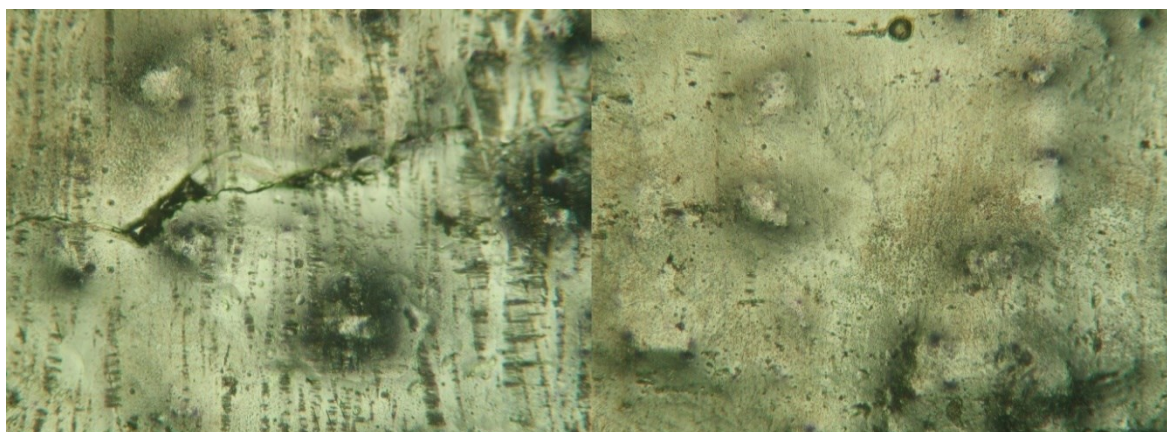
	Ve směru	Měřeno podélně (obr. 28)		Měřeno příčně	
	Parametr drsnost	Ra (μm)	Rz (μm)	Ra (μm)	Rz (μm)
Počet měření	1	6,6	37,89	8,03	37,79
	2	4,43	21,61	5,46	32,66
	3	5,87	26,32	6,23	34,29
Průměrná hodnota		5,633	28,606	6,573	34,913
Celková Průměrná hodnota		Ra = 6,10	Rz = 31,76		

Tabulka 7 - Měření drsnosti před odmaštěním ČSN EN ISO 4287 kontinuálně zinkovaného plechu.

	Ve směru	Měřeno podélně (obr. 24)		Měřeno příčně	
	Parametr drsnost	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rz ( $\mu\text{m}$ )	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rz ( $\mu\text{m}$ )
Počet měření	1	0,43	4,65	0,82	6,58
	2	0,41	2,58	0,42	4,09
	3	0,89	6,44	0,34	3,26
Průměrná hodnota		0,576	4,556	0,526	4,643
Celková Průměrná hodnota		Ra = 0,551		Rz = 4,60	

#### 6.4 Metalografické hodnocení povrchu před provedeným odmašťováním

Pro zvětšení neodmaštěného povrchu byl použit mikroskop NEOPHOT 2 (zvětšení 80x) (obr. 38 a 39).



Obrázek 38 - Povrch neodmaštěného žárového zinku (2 různá místa na vzorku).



Obrázek 39 - Povrch neodmaštěného kontinuálně zinkovaného plechu (2 různá místa na vzorku).

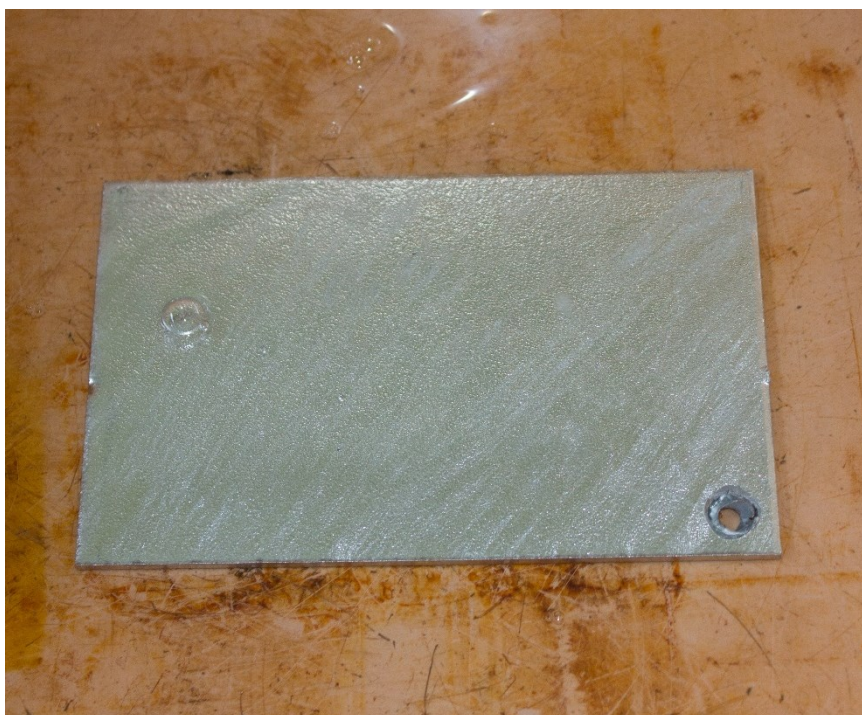


## 6.5 Odmašťování a sušení

Před aplikací duplexního systému jsme povrch u poloviny vzorků očistili odmašťováním. Použité odmašťovadlo SIMPLE GREEN.

### Použití:

- ředění: 1:10 (1 dílek SIMPLE GREEN, 10 dílků vody z vodovodního řádu)
- pH odmašťovací lázně: 11,32 (Eutech Instruments PH5+)
- teplota lázně: 23,1°C (Eutech Instruments PH5+)
- doba odmašťování: 10 min
- metoda odmašťování: ponorem



*Obrázek 40 - Vzorek ponořený v odmašťovadle na 10 min.*

- Po odmašťování následoval oplach studenou vodou (z vodovodního řádu), metoda oplachu byla ponorem a doba oplachu byla 5 min.
- Po oplachu následovalo sušení při teplotě 100°C, kde doba sušení byla 10 min. Sušení probíhalo v sušičce (výrobce: ZAVODY ELEKTROTEPELNÝCH ZAŘÍZENÍ (ZEZ) typ: SN30/4).
- Teplota vzduchu při odmašťování byla 20,9°C.
- Relativní vlhkost vzduchu byla 22,0%.

## 6.6 Měření povrchového napětí po odmašťování

Opět jsme použili ARCOTEST 38mN/m. Na *Obrázku 42 a 43* vidíme, že vzorky byly odmaštěny, a že vyhovují pro nanášení nátěru.



*Obrázek 41 - Zkouška odmaštění (vyhovující) žárový zinek.*



*Obrázek 42 - Zkouška odmaštění (vyhovující) kontinuálně zinkovaný plech.*

## 6.7 Měření drsnosti (po odmašťování)

Měřidlo: Mitutoyo SURFTEST SJ-301. Stejný postup jako v kapitole 6.2.2.

### Měřicí podmínky pro žárový zinek:

- měřicí standart ISO 97
- profil měření R
- $\lambda_c = 2,5$  mm (mezi vlnová délka)
- $l = 12,5$  mm (délka měřeného úseku)

### Měřicí podmínky pro kontinuálně zinkovaný plech:

- měřicí standart ISO 97
- profil měření R
- $\lambda_c = 0,8$  mm (mezi vlnová délka)
- $l = 4$  mm (délka měřeného úseku)

Tabulka 8 - Měření drsnosti po odmaštění ČSN EN ISO 4287 žárového zinku.

	Ve směru	Měřeno podélně		Měřeno příčně	
	Parametr drsnosti	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rz ( $\mu\text{m}$ )	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rz ( $\mu\text{m}$ )
Počet měření	1	4,77	27,34	4,45	25,53
	2	6,09	34,27	6,11	32,84
	3	5,33	49,55	6,98	39,57
Průměrná hodnota		5,396	37,053	5,846	32,646
Celková průměrná hodnota		Ra = 5,62    Rz = 34,85			

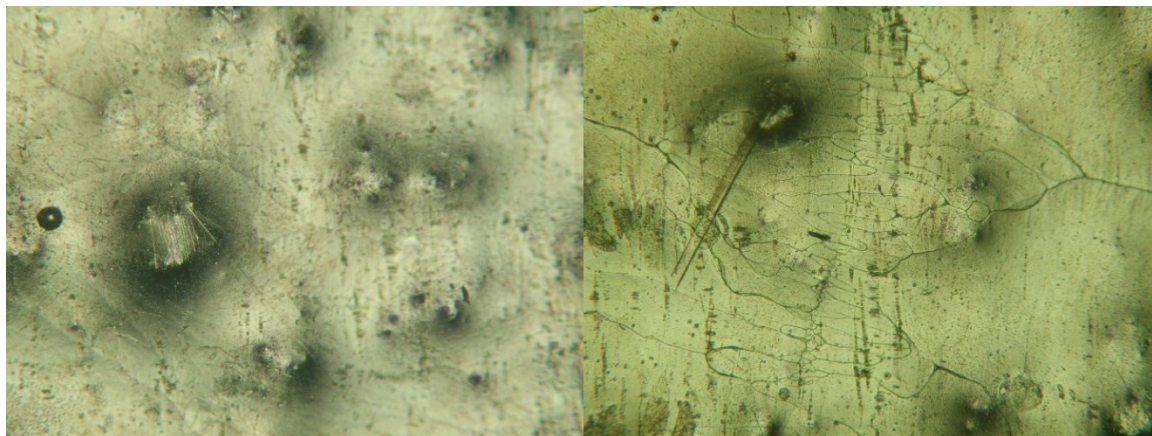
Tabulka 9 - Měření drsnosti po odmaštění ČSN EN ISO 4287 kontinuálně zinkovaný plech.

	Ve směru	Měřeno podélně		Měřeno příčně	
	Parametr drsnosti	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rz ( $\mu\text{m}$ )	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rz ( $\mu\text{m}$ )
Počet měření	1	0,88	5,48	0,55	5,07
	2	0,79	5,21	0,74	4,67
	3	0,65	4,45	0,75	5,32
Průměrná hodnota		0,773	5,046	0,680	5,020
Celková průměrná hodnota		Ra = 0,72    Rz = 5,03			



## 6.8 Metalografické hodnocení povrchu po provedeném odmašťování

Použit mikroskop NEOPHOT 2 (zvětšení 80x). Na povrchu galvanického zinku jde vidět více prasklinek (obr. 44).



*Obrázek 43 - Povrch odmaštěného zinku (2 různá místa na vzorku) žárový zinek.*

Na povrchu kontinuálně zinkovaného plechu (obr. 45) jsou viditelné praskliny na hranici květu zinku a barevné struktury květu.



*Obrázek 44 - Povrch odmaštěného zinku (2 různá místa na vzorku) kontinuálně zinkovaný plech.*

## 6.9 Měření tloušťky zinku tloušťkoměrem

Měření bylo provedeno pomocí měřicího přístroje Elcometer 456, vybaveného sondou FNF, tedy sondou pro železné i neželezné materiály, povlaky. Výsledky měření tloušťky zinkového povlaku jsou uvedeny v *Tabulce 10*.

Tabulka 10 - Tloušťka zinku na každém vzorku v  $\mu\text{m}$ .

Vzorky žárově zinkované					
Označení vzorku	Měřená vrstva	Počet měření	Průměr	Min.	Max.
24	Zn	12	86,81	76,3	104,0
23	Zn	12	87,40	79,0	96,9
17	Zn	12	86,25	78,7	97,7
16	Zn	12	87,30	75,7	100,0
18	Zn	12	94,81	87,2	105,4
69	Zn	12	96,83	79,7	133,1
Vzorky kontinuálně zinkované					
Označení vzorku	Měřená vrstva	Počet měření	Průměr	Min.	Max.
1Od	Zn	12	25,64	10,9	48,2
2Od	Zn	12	19,23	11,0	28,0
1N	Zn	12	15,50	13,5	19,4
2N	Zn	12	18,02	13,6	21,2
3Od	Zn	12	24,69	14,2	38
3N	Zn	12	28,95	11,8	43

## 6.10 Stanovení kotvícího profilu

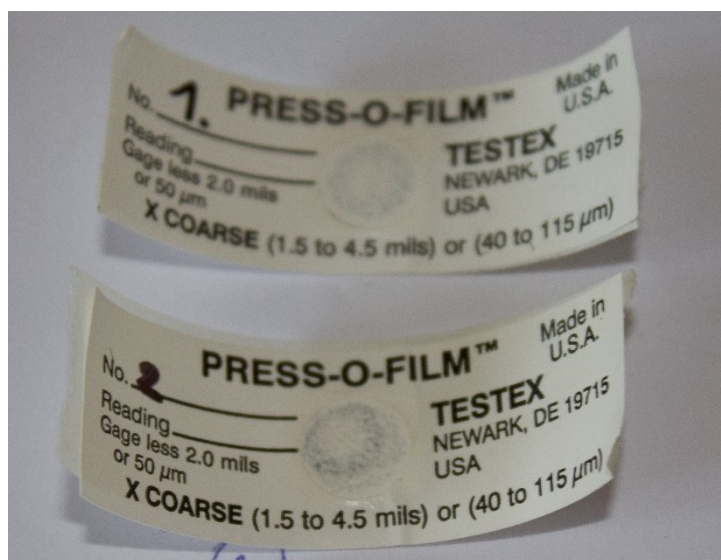
Stanovení kotvícího profilu jsme využili: MITUTOYO – DIAL THICKNESS GAUGE a speciální pásku PRESS-o-film<sup>TM</sup>.

Naměřené hodnoty jsou uvedené v *Tabulce 11*.



Tabulka 11 - Stanovení kotvícího profilu u žárového zinku a kontinuálně zinkovaného plechu.

Číslo měřené pásky	Označení vzorku	Číslo měření	Naměřená hodnota (μm)	Tloušťka samolepky (μm)	Kotvící profil (μm)	Průměrný kotvící profil (μm)	Povrchová úprava vzorku
1	16 17	1	114	50	64	63,33	Vzorky žárově zinkované
		2	114	50	64		
		3	112	50	62		
2	23 24	1	109	50	59	58,33	
		2	108	50	58		
		3	108	50	58		
3	1Od 2Od	1	89	50	39	40	Vzorky kontinuálně zinkované
		2	91	50	41		
		3	90	50	40		
4	1N 2N	1	89	50	39	39	
		2	88	50	38		
		3	90	50	40		
5	69	1	127	50	77	75,66	Vzorky žárově zinkované
		2	125	50	75		
		3	125	50	75		
6	18	1	114	50	64	65,33	
		2	112	50	62		
		3	120	50	70		
7	3Od	1	93	50	43	42,66	Vzorky kontinuálně zinkované
		2	92	50	42		
		3	93	50	43		
8	3N	1	99	50	49	44,66	
		2	90	50	40		
		3	95	50	45		



Obrázek 45 - Testex páska.

## 6.11 Aplikace nátěrové hmoty

Pro nástřik použijeme již výše zmíněnou barvu HEMPATANE FAST DRY 55750. Tento nátěr byl aplikován pneumatickým stříkáním 2,5 - 3 bar na trysce. Průměr trysky jsme zvolili 1,6 mm. Další parametry za jakých bylo prováděno nanášení systému Hemplathane fast dry 55750:

- $T_p = 22,9^{\circ}\text{C}$  (teplota prostředí)
- $T_v = T_p = 22,9^{\circ}\text{C}$  (teplota podkladového materiálu)
- $RV = 27,4\%$  (relativní vlhkost vzduchu)
- $RB = 3,5^{\circ}\text{C}$  (rosný bod)

Vzorky byly před nástřikem rozdělené. S problematikou rozdělení vzorku se zabývá *Kapitola 6.1 v Tabulce 4*. První polovina byla odmaštěná, druhá polovina neprošla žádnou předúpravou.

### 6.11.1 Kontrola nátěru pomocí mokré měrky

Požadavek na vrstvu barvy byl  $WFT = 100$  až  $150\ \mu\text{m}$ . Tuto vrstvu jsme zkontrolovali pomocí mokré měrky.

### 6.11.2 Měření tloušťky nátěru tloušťkoměrem

Za použití digitálního přístroje ELCOMETR 456 a sondy FNF. Při měření měřidlem ELCOMETR 456 jsme měřili jak tloušťku barvy, tak i zinku. Abychom zjistili správnou tloušťku barvy, musíme tloušťku celkovou (barvy a zinku) odečíst od tloušťky zinku.

Tabulka 12 - Naměřená tloušťka zinku a barvy v  $\mu\text{m}$ .

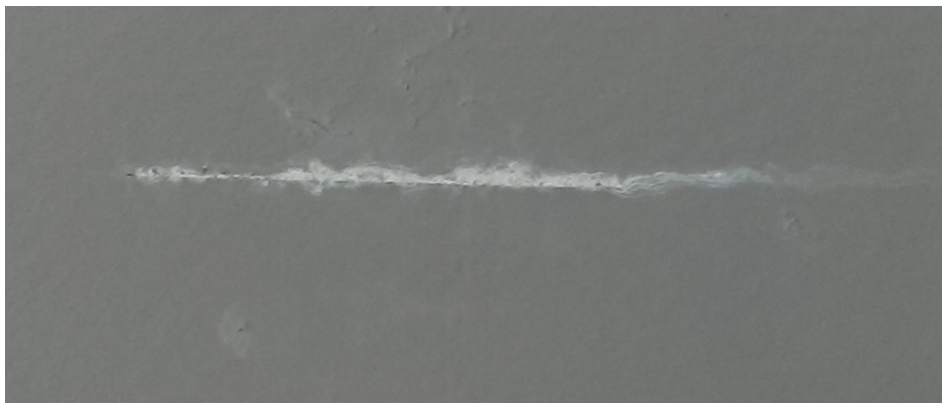
Vzorky žárově zinkované					
Označení vzorku	Měřená vrstva	Počet měření	Průměr	Min.	Max.
24	Zn	12	86,81	76,3	104,0
	Zn + Barva	12	144,7	138	159
23	Zn	12	87,40	79,0	96,9
	Zn + Barva	12	139	122	150
17	Zn	12	86,25	78,7	97,7
	Zn + Barva	12	151,2	140	179
16	Zn	12	87,30	75,7	100
	Zn + Barva	12	138,2	121	157
18	Zn	12	94,81	87,2	105,4
	Zn + Barva	12	160,1	142	183
69	Zn	12	96,83	79,7	133,1
	Zn + Barva	12	163,4	149	176
Průměrné hodnoty vrstvy barvy na vzorcích žárově zinkované			50,9 – 66,57	43 – 69,3	42,9 – 81,3
Vzorky kontinuálně zinkované					
Označení vzorku	Měřená vrstva	Počet měření	Průměr	Min.	Max.
1Od	Zn	12	25,64	10,9	48,2
	Zn + Barva	12	128	95,2	157
2Od	Zn	12	19,23	11,0	28,0
	Zn + Barva	12	106,0	71,2	133
1N	Zn	12	15,50	13,5	19,4
	Zn + Barva	12	136,1	88,7	162
2N	Zn	12	18,02	13,6	21,2
	Zn + Barva	12	131,7	98,2	156
3Od	Zn	12	24,69	14,2	38
	Zn + Barva	12	128,6	109	172
3N	Zn	12	28,95	11,8	43
	Zn + Barva	12	95,53	67,8	115
Průměrné hodnoty vrstvy barvy na vzorcích kontinuálně zinkovaných			66,58 – 120,6	56 – 94,8	72 – 142,6

## 6.12 Korozní zkouška v atmosféře

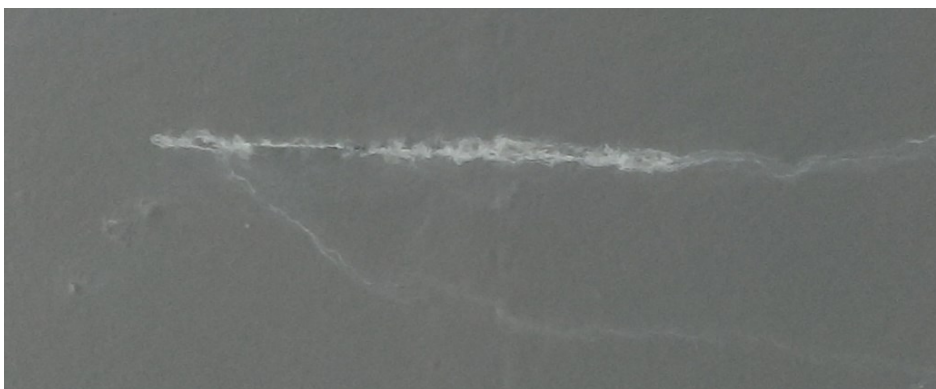
Zkouška solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227 proběhla v korozní komoře typ S 400 M TR, Leibisch. Zkoušku jsme provedli metodou NSS v mlze neutrálního roztoku sodného.

- pH rozprašovaného roztoku 6,5 - 7,2
- teplota ve zkušební komoře  $35 \pm 2^\circ\text{C}$
- úhel vzorku v komoře ke svislici  $20^\circ$
- zákaz přímému vystavení postřiku v komoře
- doba zkoušky 100 hodin

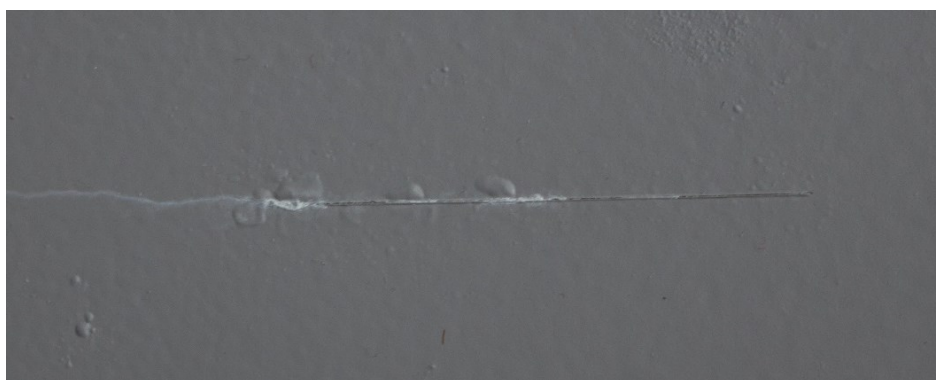
Vzorky byly úmyslně poškozeny řezem (min. 50 mm). Řez byl proveden až na podkladovou část. Tento řez simuluje poškození ochranného nátěrového systému v reálných podmínkách. Veškeré hrany vzorku se musí oblepit lepicí páskou, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků. Po uplynutí 100 hodin v komoře se vzorky nechají 0,5 až 1 hodinu oschnout z důvodů odstranění korozních zplodin. Následuje oplach pod tekoucí vodou s teplotou do  $40^\circ\text{C}$  a sušení. Hodnocení zkoušky provedeme vizuální kontrolou dle normy ČSN EN ISO 4628-2, 3, 4, 5, 8. Tyto vzorky budou podléhat zkoušce přilnavosti v následující kapitole.



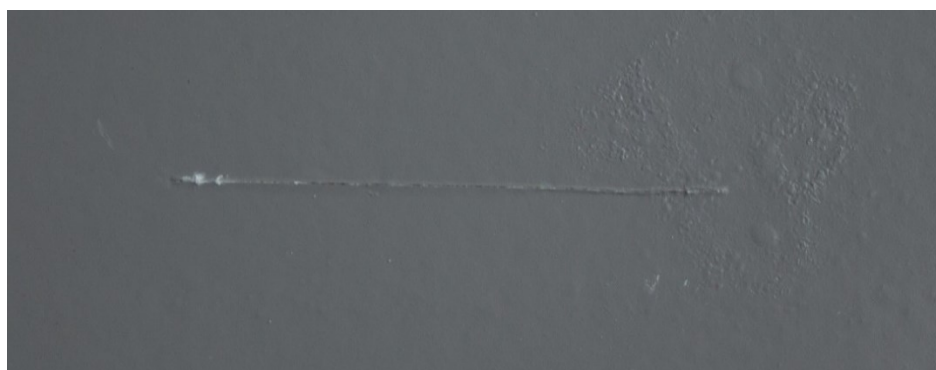
*Obrázek 46 - Vzorek 18 po 100 hodinách v korozní komoře.*



*Obrázek 47 - Vzorek 69 po 100 hodinách v korozní komoře.*



*Obrázek 48 - Vzorek 3Od po 100 hodinách v korozní komoře.*



*Obrázek 49 - Vzorek 3N po 100 hodinách v korozní komoře.*

## 6.13 Měření přilnavosti


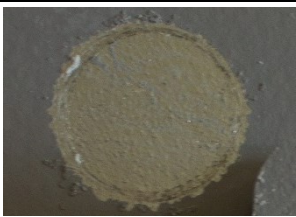


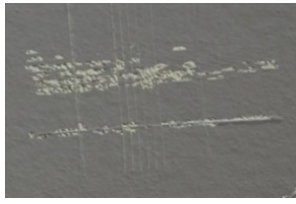
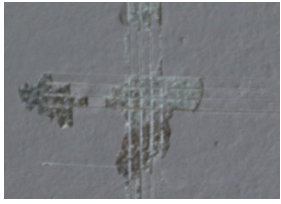
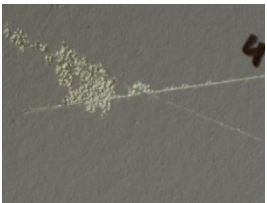

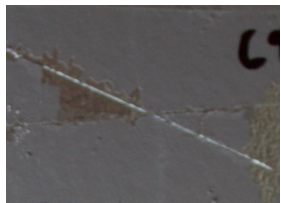
Metody pro stanovení přilnavosti nátěru:

- odtrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 4624 (za použití zkušebních válečků a odtrhoměru ELCOMETER F106)
- mřížková zkouška přilnavosti dle ČSN EN 2409 (za použití ELCOMETERU 141)

- zkouška křížovým řezem dle ČSN EN ISO 16276-2 (za použití destičky pro křížový řez do firmy TQC a speciálního nože)
- měření tloušťky suché vrstvy mechanickým dotykovým způsobem ČSN EN ISO 2808 (za použití digitálního přístroje ELCOMETR 456)

V následujících tabulkách jsou uvedené výsledky z měření přilnavosti podle norem uvedených výše s příloženou fotodokumentací.


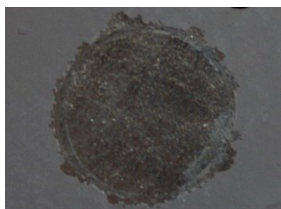

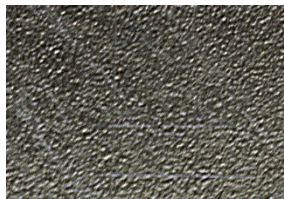





Tabulka 13 - Přilnavost nátěrového systému.

Označení vzorku	23		24		69	
Informace	žzp, odmaštěný		žzp, odmaštěný		žzp, odmaštěný, Kzva	
Odrhová pevnost (MPa)	Ø = 4,5		Ø = 3		Ø = 3,1	
Průměrná tloušťka nátěru v okolí odtrhové zkoušky	N=9	Ø=58,7	N=9	Ø=54,49	N=9	Ø=78,95
	Max=68,5	Min=51	Max=64,1	Min=41,1	Max=85,3	Min=71,3
Průměr charakteristiky lomové plochy (%)	A/B = 89% B = 11%		A/B = 95% B = 5%		A/B = 92,5% B/y = 7,5%	
Mřížková zkouška přilnavosti	Ø=4		Ø=4		Ø=4,5	
Klasifikační stupně křížového řezu	Ø=3,5		Ø=2,5		Ø=3,5	
Fotodokumentace (odtrhová zkouška)						
Fotodokumentace (mřížková zkouška)						
Fotodokumentace (zkouška křížový řez)						



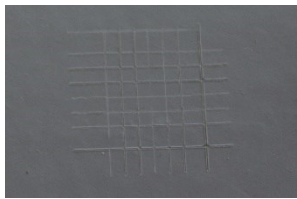

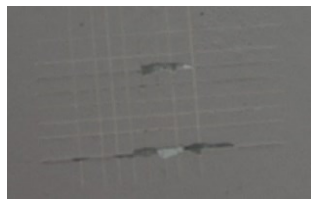

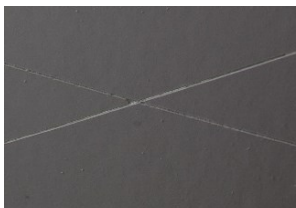

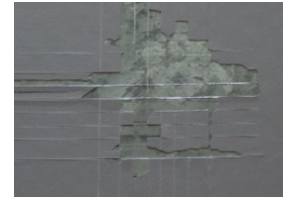

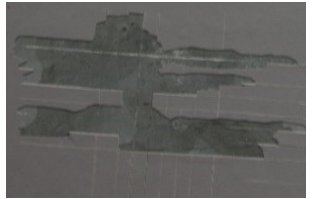
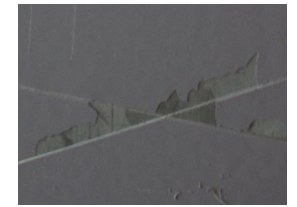
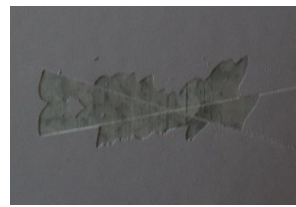

Pozn.: žzp – žárově zinkovaný ponorem, N – počet měření, Kzva – korozivní zkouška v atmosféře, Ø – průměr.

Tabulka 14 - Přilnavost nátěrového systému.

Označení vzorku	16		17		18	
Informace	žzp, neodmaštěný		žzp, neodmaštěný		žzp, neodmaštěný, Kzva	
Odrhová pevnost (MPa)	Ø = 3,25		Ø = 3		Ø = 0,75	
Průměrná tloušťka nátěru v okolí odtrhové zkoušky	N=9	Ø=54,9	N=9	Ø=72,35	N=9	Ø=63,79
	Max=76,4	Min=40,2	Max=96,35	Min=55,35	Max=75,69	Min=53,69
Průměr charakteristiky lomové plochy (%)	A/B = 100%		A/B = 100%		A/B = 100%	
Mřížková zkouška přilnavosti	Ø=5		Ø=5		Ø=5	
Klasifikační stupně křížového řezu	Ø=5		Ø=5		Ø=5	
Fotodokumentace (odtrhová zkouška)						
Fotodokumentace (mřížková zkouška)						
Fotodokumentace (zkouška křížový řez)						

Pozn.: žzp – žárově zinkovaný ponorem, N – počet měření, Kzva – korozivní zkouška v atmosféře, Ø – průměr.

Tabulka 15 - Přilnavost nátěrového systému.

Označení vzorku	1OD		2OD		3OD	
Informace	kzp, odmaštěný		kzp, odmaštěný		kzp, odmaštěný, Kzva	
Průměrná tloušťka nátěru	N=12	Ø=102,31	N=12	Ø=89,77	N=12	Ø=103,64
	Max=108,8	Min=84,3	Max=105	Min=60,2	Max=134	Min=94,8
Mřížková zkouška přilnavosti	Ø=0		Ø=0,5		Ø=1	
Klasifikační stupně křížového řezu	Ø=0		Ø=0		Ø=0,5	
Fotodokumentace (mřížková zkouška)						
Fotodokumentace (zkouška křížový řez)						
Označení vzorku	1N		2N		3N	
Informace	kzp, neodmaštěný		kzp, neodmaštěný		kzp, neodmaštěný, Kzva	
Průměrná tloušťka nátěru	N=12	Ø=120,6	N=12	Ø=113,68	N=12	Ø=66,58
	Max=142,6	Min=75,2	Max=131,8	Min=84,6	Max=72	Min=56
Mřížková zkouška přilnavosti	Ø=4		Ø=4,5		Ø=4,5	
Klasifikační stupně křížového řezu	Ø=4		Ø=4,5		Ø=4	
Fotodokumentace (mřížková zkouška)						
Fotodokumentace (zkouška křížový řez)						



Pozn.: Z důvodu tloušťky plechu nelze provést odtrhovou zkoušku. Kzp – kontinuálně zinkovaný plech, N – počet měření, Kzva – korozivní zkouška v atmosféře, Ø – průměr.

## 6.14 Příprava metalografických vzorků

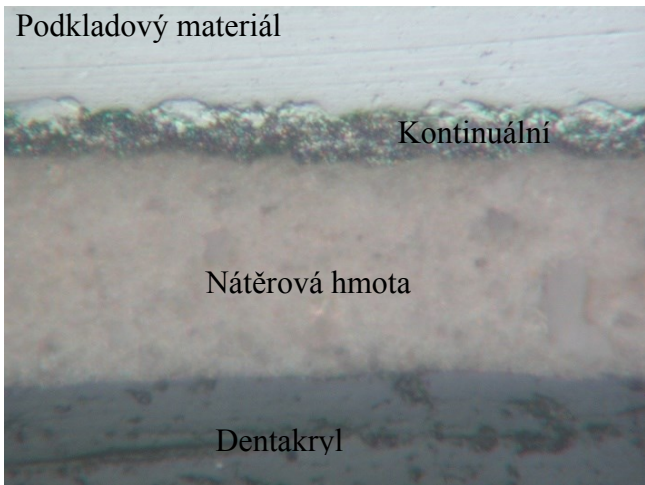
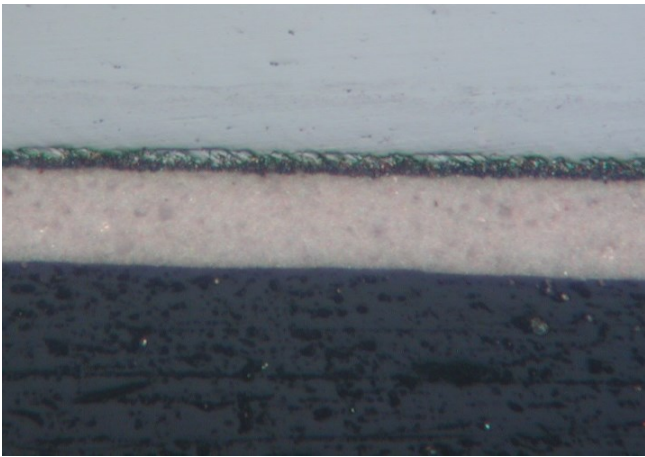
- Aplikace nátěrové hmoty na základní materiál (viz *Kapitola 6.11*).
- Preparace vzorků řezacím strojem.
- Zalití vzorků do technického dentakrylu.
- Broušení vzorků (brusné papíry 400, 800, 1200, 2500).
- Leštění zkoumané plochy.

Pro vyhodnocení byl použit světelný mikroskop NEOPHOT 2.

Tabulka 16 - Mikrosnímky řezu nátěrového systému.

Označení vzorku	Mikrosnímek	Informace
17		Neodmaštěný podklad, vzorek žárově zinkovaný ponorem, zvětšení mikrosnímků 100x
23		Odmaštěný podklad, vzorek žárově zinkovaný ponorem, zvětšení mikrosnímků 100x

Tabulka 17 - Mikrosnímky řezu nátěrového systému.

Označení vzorku	Mikrosnímek	Informace
3Od		Odmaštěný podklad, vzorek kontinuálně zinkovaný plech, zvětšení mikrosnímků 500x
3N		Neodmaštěný podklad, vzorek kontinuálně zinkovaný plech, zvětšení mikrosnímků 100x

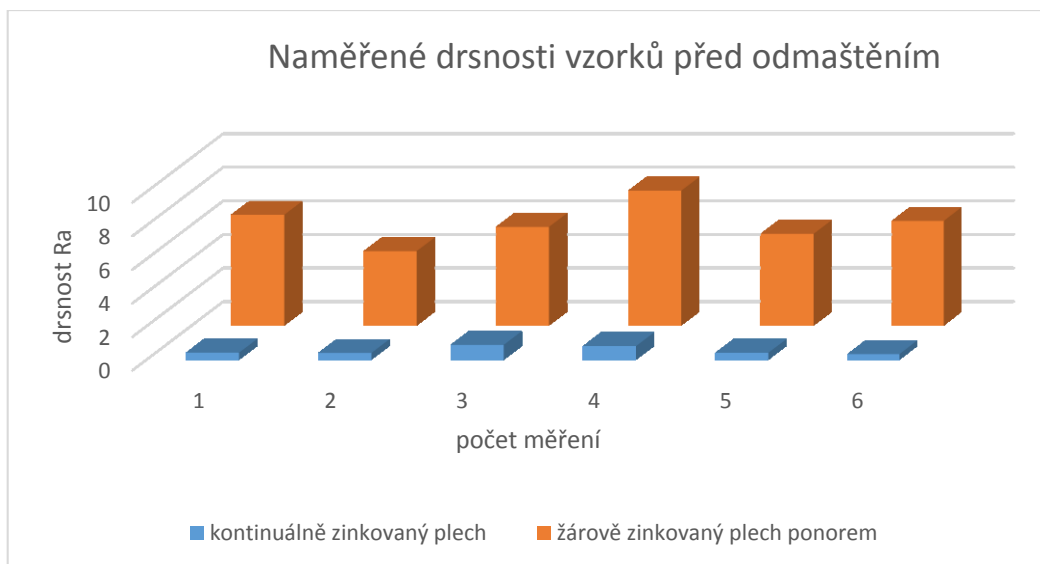
## **7 Hodnocení experimentálních zkoušek a diskuze dosažených výsledků**

### **7.1 Hodnocení povrchu před nástřikem ochranného systému**

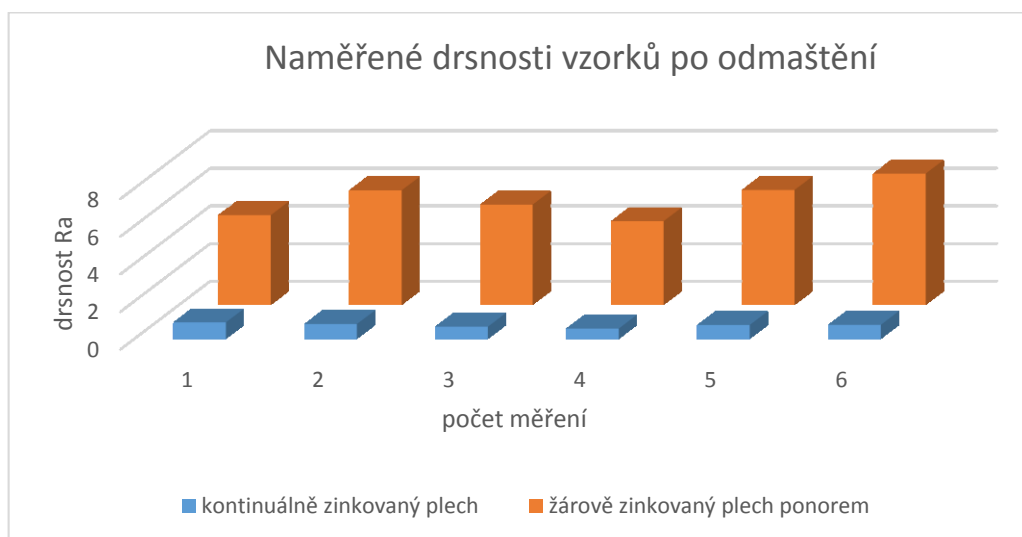
Jak již bylo výše zmíněno, pro experiment byly určeny dva druhy základních vzorků a to: plech žárově zinkovaný ponorem o rozměru 150 x 100 x 2 (3) mm a kontinuálně zinkovaný plech o rozměru 150 x 100 x 0,8 mm. Polovina všech vzorků se odmastila. Druhá polovina vzorků zůstala bez povrchových úprav (byly znečištěné z výroby). Zde odmaštění hrálo velkou roli pro přilnavost ochranného systému hlavně u kontinuálně zinkovaných plechů. Naším úkolem bylo i zjištění do jaké míry ovlivňuje přilnavost odmaštění povrchu před nanesením ochranného systému.

### **7.2 Drsnost povrchu**

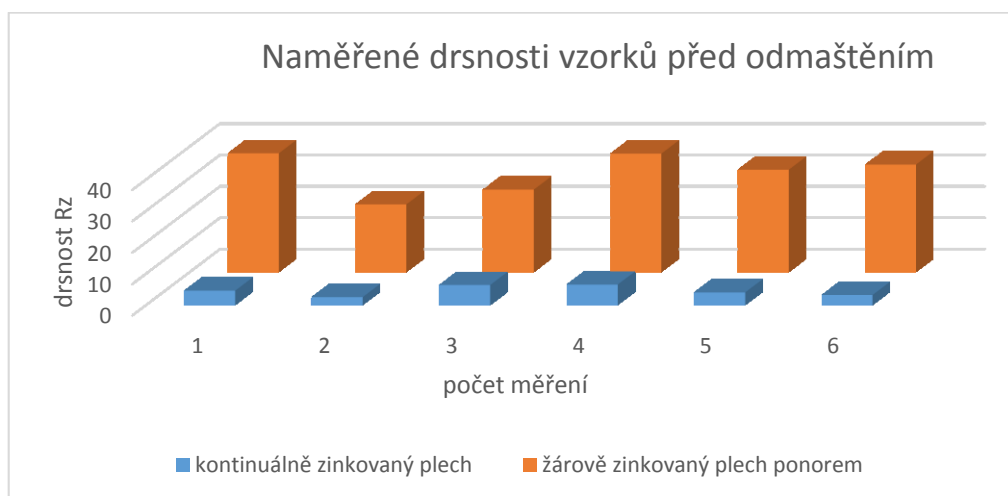
Důležitým hlediskem při nanášení nátěrových systémů je drsnost povrchu. Pro dobrou přilnavost ochranného systému je zapotřebí dosáhnout určité drsnosti. Pro přilnavost není dobré mít drsnost nízkou ani vysokou. U nízké drsnosti je přilnavost ochranného systému velmi malá. Ovšem ani u příliš vysoké drsnosti nemusí vést k dostatečné přilnavosti a může mít za následek menší odolnost vůči korozi a také bývá vysoká spotřeba barvy. Na uvedených grafech (graf 1 - 4) můžeme porovnat drsnosti  $R_a$  a  $R_z$ , odmaštěného a neodmaštěného povrchu.



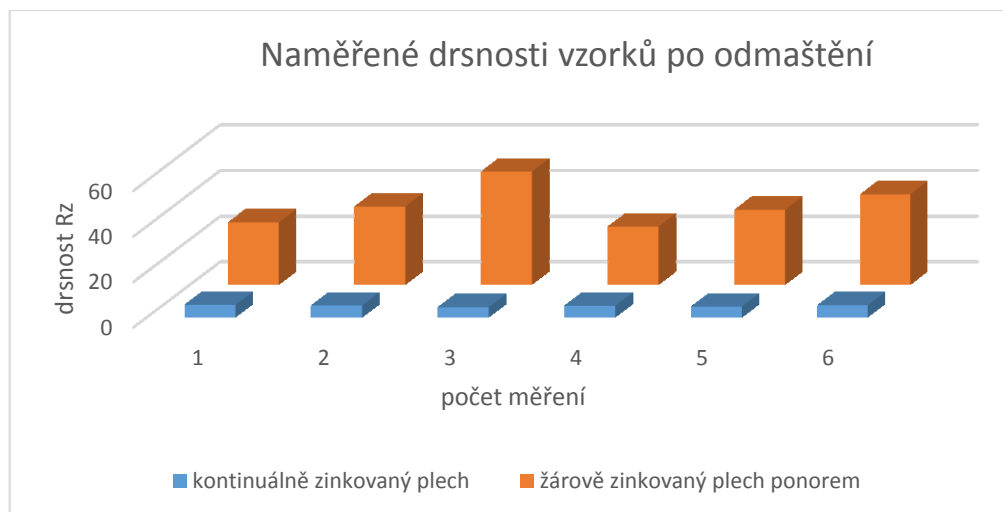
*Graf 1: Naměřené drsnosti povrchu Ra.*



*Graf 2: Naměřené drsnosti povrchu Ra.*



*Graf 3: Naměřené drsnosti povrchu Rz.*

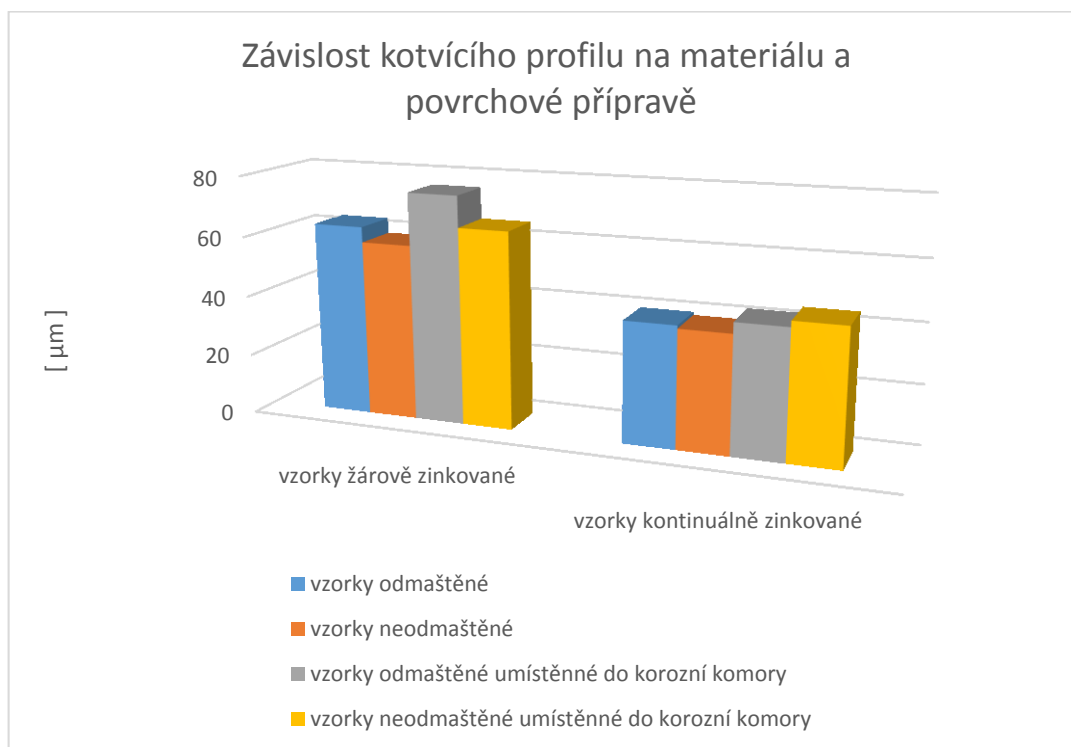


Graf 4: Naměřené drsnosti povrchu Rz.

Je tu znatelný rozdíl drsností mezi jednotlivými vzorky (žárově zinkovaný plech ponorem a kontinuálně zinkovaný plech). Rozdíl šel již poznat pouhým dotykem nebo pohledem.

### 7.3 Kotvící profil

Porovnání kotvících profilů mezi jednotlivými měřeními vzorky.

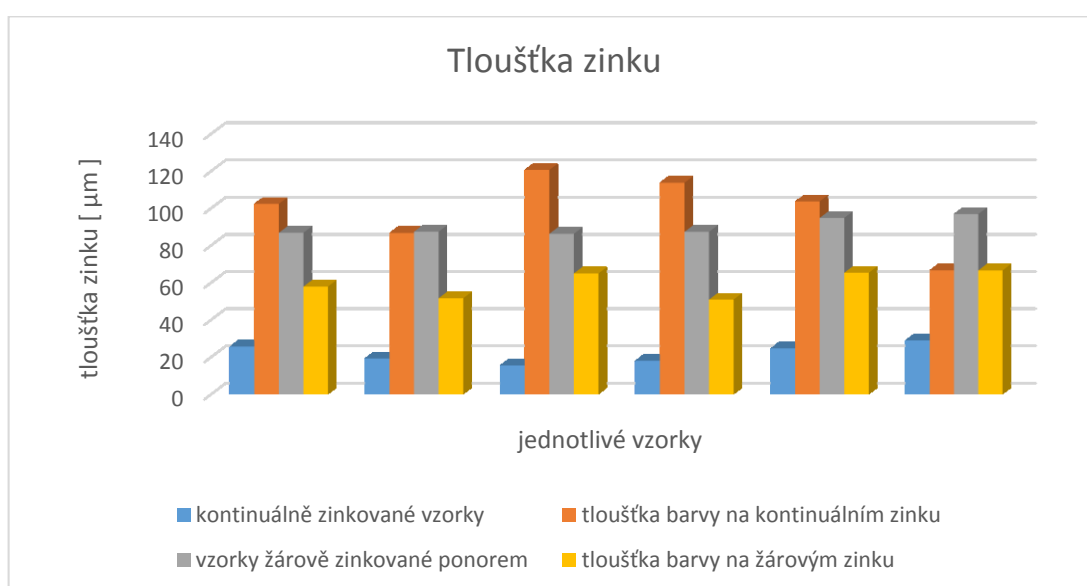


Graf 5: Závislost kotvícího profilu na materiálu a povrchové přípravě.

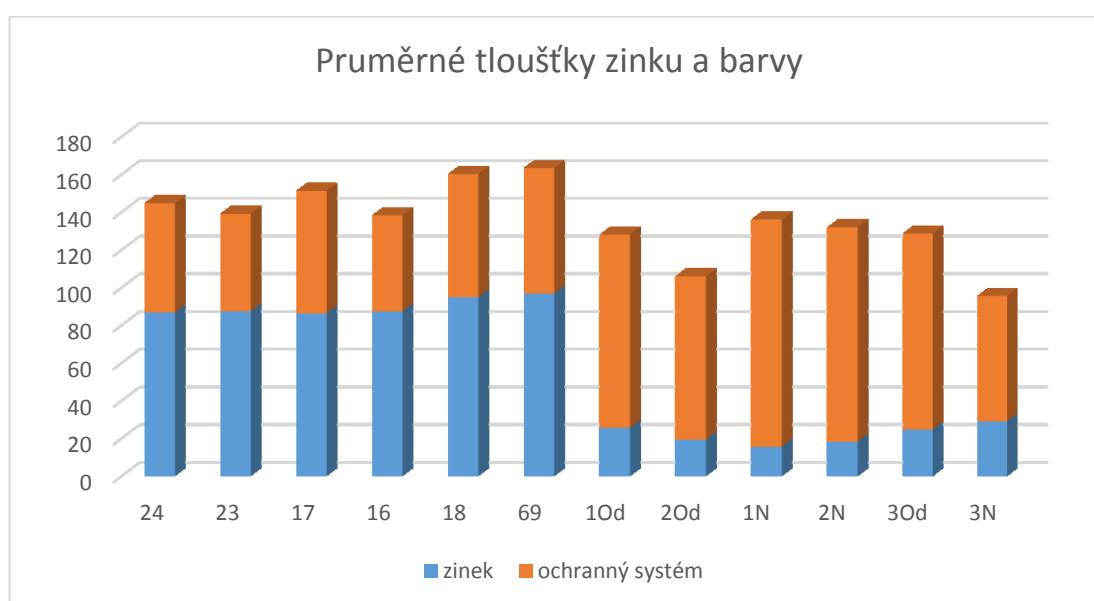
U vzorků kontinuálně zinkovaných byl kotvící profil o něco nižší než u vzorků žárově zinkovaných ponorem. V grafu jde vidět, že u vzorků žárově zinkovaných ponorem jsou větší rozdíly kotvícího profilu.

## 7.4 Vrstva zinku a ochranného systému

V *Grafu 6* je vyobrazená průměrná tloušťka zinku mezi žárovým zinkem, kontinuálním zinkem a jednotlivých tlouštěk ochranného systému. Průměrná tloušťka se velmi málo mění. V *Grafu 7* již vidíme rozdíly mezi jednotlivými duplexními systémy.



*Graf 6: Porovnání tloušťky zinku a barvy u vzorků.*



*Graf 7: Průměrné tloušťky zinku a barvy u vzorků.*

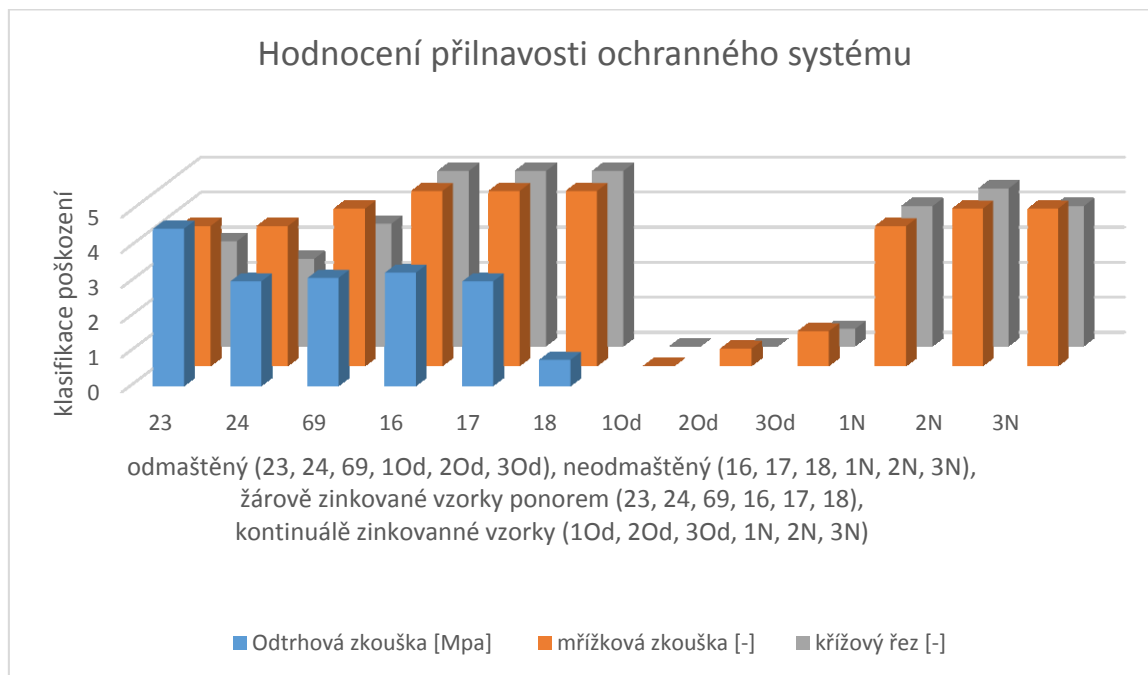
## 7.5 Vyhodnocení korozní komory dle normy ČSN EN ISO 4628

Tabulka 18 - Vyhodnocení nátěrového systému dle normy ČSN EN ISO 4628.

Označení vzorku	Povrchová předúprava (odmaštění)	Doba zkoušky	Stupeň puchýřkování dle EN ISO 4628-2	Prorézavění plochy dle EN ISO 4628-3	Stupeň praskání dle EN ISO 4628-4	Odlupování nátěru dle EN ISO 4628-5	Stupeň delaminace a koroze kolem řezu dle EN ISO 4628-8
		(hod.)	(stupeň)	(stupeň)	(stupeň)	(stupeň)	(stupeň)
18	Ne	100	2 (S0)	Ri 0	1 (S0)	0 (S0)	3
69	Ano	100	1 (S0)	Ri 0	0 (S0)	0 (S0)	2
3Od	Ano	100	2 (S0)	Ri 0	1 (S0)	1 (S0)	2
3N	Ne	100	2 (S0)	Ri 0	1(S0)	1 (S0)	1

## 7.6 Hodnocení přilnavosti ochranného systému

Vyhodnocení zkoušek (odtrhová zkouška, mřížková zkouška a křížový řez) je uvedené v *Grafu 8*. Pro lepší srovnání byly výsledky zanesené do grafu.



Graf 8: Hodnocení přilnavosti povlaku.

Z grafu lze vyčíst, že odmaštění povrchu před nanášením ochranného systému působí velmi dobře, především u vzorků kontinuálně zinkovaných. U vzorků 23, 24, 69 je mřížková zkouška a křížový řez nižší než u vzorků 16, 17, 18. I odtrhová pevnost u vzorků 23, 24, 69 je v průměru vyšší než u vzorků 16, 17, 18.



## Závěr

Ve své bakalářské práci se zabývám vlivem technologie zinkování na vlastnostech ochranného systému. Spojením dvou a více systémů dohromady vzniká takzvaný duplexní systém, který dokáže prodloužit životnost konstrukce.

Úkolem teoretické části bylo prostudovat technologickou problematiku zinkování a předúpravu povrchu až po samotné nanášení ochranného systému.

Úkolem experimentální části práce bylo porovnat dva druhy rozdílných povrchů a to povrch kontinuálně zinkovaný a žárově zinkovaný ponorem, které sloužily jako podklad pro barvu HEMPATANE FAST DRY 55750. Na těchto vzorcích před nanesením ochranného systému jsem měřil např.: drsnost, zamaštění, tloušťku zinku, kotvicí profil, atd. Pro zkoušku jsme použili odmaštěné i neodmaštěné vzorky. Po aplikaci ochranného systému dohodnuté tloušťky ochranného systému byly prováděny další experimentální zkoušky. Všechny naměřené údaje jsem zaznamenal do tabulek a pro vyhodnocení použil grafy pro závěrečné shrnutí. Můžeme říct, že povrchová úprava základního materiálu, jako je odmašťování před nástřikem ochranného systému, je velmi důležitá. A má velký vliv na přilnavost a životnost duplexní barvy. I když u vzorků žárově zinkované ponorem, byly výsledky o něco horší stále tam odmašťování hrálo velikou roli. Na základě dosažených výsledků v bakalářské práci lze konstatovat, že podklad očištěný odmašťováním je lepším základem pro ochranný systém než bez odmaštění. Což nám prokázaly zkoušky: (odtrhová zkouška přilnavosti, mřížková zkouška přilnavosti a křížový řez). Pokud odmašťování zařadíme do procesu výroby výrobek se nám tak prodraží, ale ve výsledku ušetříme díky delší životnosti výrobku.

## Seznam použité literatury

- [1] PŘÍRUČKA ŽÁROVÉHO ZINKOVÁNÍ [online]. Ostrava: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2011[cit. 2014-11-25]. Dostupné z: [www.zinkoza.sk/prirucka\\_ziaroveho\\_zinkovania.pdf](http://www.zinkoza.sk/prirucka_ziaroveho_zinkovania.pdf)
- [2] HAMAL, Jan. GALVANICKÉ ZINKOVÁNÍ [online]. Brno, 2014 [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=87110](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=87110)  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [3] ŽAK, Vratislav a Jan KUDLÁČEK. Povrcháři: Povrchové úpravy [online]. 2008, roč. 2008, č. 3 [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: [www.povrchari.cz/kestazeni/200803\\_povrchari.pdf](http://www.povrchari.cz/kestazeni/200803_povrchari.pdf)
- [4] KREISLOVÁ, Kateřina, Tomáš KUBATÍK, Libor TUREK a Jaroslav KVAPIL. Hodnocení kvalitativních parametrů mikrolamelových povlaků. In: Tribotechnika [online]. 2008 [cit. 2014-12-03]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-32012/hodnoceni-kvalitativnich-parametru-mikrolamelovych-povlaku.html>
- [5] ALPHA Union, spol. s r.o. ALPHA Union, spol. s r.o. [online]. 2003 [cit. 2014-12-17]. Dostupné z: <http://www.alphaunion.cz/nabidka/zarove-zinkovani#technologie>
- [6] KUKLÍK, Vlastimil a Jan KUDLÁČEK. Žárové zinkování. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2014, 199 s. ISBN 978-80-905298-2-3.
- [7] Otryskávání. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 8. 1. 2015 [cit. 2015-01-15]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Otrysk%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD>
- [8] ŽAK, Vratislav a Jan KUDLÁČEK. Povrcháři: Povrchové úpravy [online]. 2012, roč. 2012, č. 1 [cit. 2015-2-15]. Dostupné z: [www.povrchari.cz/kestazeni/201201\\_povrchari.pdf](http://www.povrchari.cz/kestazeni/201201_povrchari.pdf)
- [9] Stríkácké pistole [online]. 2010 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.asteco.cz/cs/produkty/vybaveni-lakoven/strikaci-pistole-vzduchove>

- [10] *Vzduchové a HVLP stříkání* [online]. 2011 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.graco-media.cz/produkty-a-sluzby/>
- [11] *Vysokotlaké bezvzduchové stříkání* [online]. 2008 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z: <http://www.naseinfo.cz/clanky/stavby-a-stavebnictvi/naradi/vyber-strikaciho-zarizeni-naterovych-hmot>
- [12] ZEHINTNER TESTING INSTRUMENTS. *Provozní příručka pro měření přilnavosti nátěru ZCF 2088: Zehntner-Cross-Cut-tester*. 2006, 10 s. Dostupné z: [http://www.polz.cz/userfiles/files/povrch/ZCF-2088\\_cz.pdf](http://www.polz.cz/userfiles/files/povrch/ZCF-2088_cz.pdf).
- [13] ATRYX S.R.O. *Hodnocení přilnavosti nátěru* [online]. 2008 [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.atryx.cz/prakticka-prirucka/hodnoceni-prilnavosti/>
- [14] PROINEX. *Mřížková zkouška přilnavosti* [online]. 2010 [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.proinex.cz/mrizkova-zkouska-prilnavosti.html>
- [15] BENEŠOVÁ, Jaroslava a Markéta PARÁKOVÁ. TRIBOTECHNIKA. *Zkušební metody pro hodnocení přilnavosti organických povlaků: Zkušební metody* [online]. 2008 [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-52013/zkusebni-metody-pro-hodnoceni-prilnavosti-organickych-povlaku.html>
- [16] MITUTOYO SURFTEST SJ-301 SERIES [online]. [cit. 17-4-2015]. Dostupné z: [http://surfacefinishequipment.com/mit\\_sj\\_301.htm](http://surfacefinishequipment.com/mit_sj_301.htm)
- [17] *Údajový list: HEMPATANE FAST DRY55750*. 2014, 2 s.
- [18] Simple Green Crystal. *Simple Green Crystal* [online]. 2009 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.simplegreen.cz/>
- [19] ČSN EN ISO 2808: *Nátěrové hmoty – stanovení tloušťky nátěru*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [20] ČSN EN ISO 2409: *Nátěrové hmoty - mřížková zkouška*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [21] ČSN EN ISO 4287: *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – struktura povrchu: Profilová metoda – termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1999.

- [22] ČSN EN ISO 16276-2: *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – hodnocení a kritéria přijetí adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [23] ČSN EN ISO 4628-1: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 1: Obecný úvod a systém klasifikace*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [24] ČSN EN ISO 9227: *Korozní zkoušky v umělých atmosférách – zkoušky solnou mlhou*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [25] ČSN EN ISO 4628-2: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [26] ČSN EN ISO 4628-3: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 3: Hodnocení stupně prorezavění*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [26] ČSN EN ISO 4628-8: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [27] ČSN EN ISO 4628-4: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu - Část4: Hodnocení stupně praskání*. 2004. Praha: Český normalizační institut.
- [28] ČSN EN ISO 4628-4: *Nátěrové hmoty – hodnocení degradace nátěrů – klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu - Část 5: Hodnocení stupně odlupování*. 2004. Praha: Český normalizační institut.
- [29] SIOSTRZONEK, René. 2007. *STUDIUM VÝVOJOVÉ ŘADY OCHRANNÝCH SYSTÉMŮ NA BÁZI SILOXANU*. Ostrava. Disertační práce. VŠB.

## Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 - Žárové stříkání zinkem. [1].....	13
Obrázek 2 - Řez žárově stříkaným povlakem zinku. [1] .....	13
Obrázek 3 - Příčný řez vrstvou povlaku se znázorněnými fázemi $\delta$ a $\gamma$ . [3] .....	15
Obrázek 4 - Řez mikrolamelovým povlakem. [1] .....	16
Obrázek 5 - Řez nátěrovou hmotou s vysokým obsahem zinku. [1].....	18
Obrázek 6 - Porovnání vlastností různých zinkových povlaků. [1] .....	18
Obrázek 7 - Postup žárovým zinkováním ponorem. [5].....	19
Obrázek 8 - Žárové zinkování ponorem. [1] .....	20
Obrázek 9 - Porovnání povlaku barvy a zinku v rozích. [1].....	20
Obrázek 10 - Rozdíl mezi suchým a mokřým zinkováním. [1].....	21
Obrázek 11 - Řez elektrolyticky naneseným povlakem zinku. [1].....	23
Obrázek 12 - Kontinuální žárové zinkování (plechů drátu). [1].....	25
Obrázek 13 - Princip odstranění okují mořicím roztokem. [6].....	28
Obrázek 14 - Otryskávání. [7] .....	30
Obrázek 15 - Schéma duplexní povrchové úpravy. [6] .....	32
Obrázek 16 - Vzduchová stříkáci pistole. [9].....	35
Obrázek 17 - Zařízení pro nanášení nátěru (bezvzduchové). [11] .....	36
Obrázek 18 - Vstupní materiál (vzorek) žárově zinkovaný ponorem. ....	42
Obrázek 19 - Vstupní materiál (vzorek) kontinuálně zinkovaný plech.....	42
Obrázek 20 - Použité odmašťovadlo. ....	44
Obrázek 21 - Mitutoyo SURFTEST SJ-301.....	45
Obrázek 22 - Měření kotvícího profilu.....	46
Obrázek 23 - Mikroskop NEOPHOT 2 pro záznam povrchu. ....	47
Obrázek 24 - Sušicí pec SN30/4.....	47
Obrázek 25 - Měrka mokrého nátěru.....	48
Obrázek 26 - ELCOMETR 456 sonda FNF. ....	49
Obrázek 27 - Měrka s nožem pro křížový řez. ....	49
Obrázek 28 - Hodnocení přilnavosti nátěru Křížový řez ČSN EN ISO 16276-2. [13] .....	50
Obrázek 29 - Ukázka zkoušky křížovým řezem. [15] .....	50
Obrázek 30 - Hodnocení přilnavosti nátěru mřížkovou zkouškou dle ČSN ISO 2409. [13] ...	51
Obrázek 31 - Sada ELCOMETER 141. [13].....	52

Obrázek 32 - ELCOMETER F106 .....	53
Obrázek 33 - Dvousložkové epoxidové lepidlo. ....	53
Obrázek 34 - Korozní komora [29]. ....	54
Obrázek 35 - Zkouška odmaštění žárového zinku (nevyhovující). ....	57
Obrázek 36 - Zkouška odmaštění kontinuálně zinkovaného plechu (nevyhovující). ....	57
Obrázek 37 - Měření drsnosti v podélném směru žárového zinku. ....	58
Obrázek 38 - Povrch neodmaštěného žárového zinku (2 různá místa na vzorku). ....	59
Obrázek 39 - Povrch neodmaštěného kontinuálně zinkovaného plechu (2 různá místa na vzorku). ....	59
Obrázek 40 - Vzorek ponořený v odmašťovadle na 10 min. ....	60
Obrázek 41 - Zkouška odmaštění (vyhovující) žárový zinek. ....	61
Obrázek 42 - Zkouška odmaštění (vyhovující) kontinuálně zinkovaný plech. ....	61
Obrázek 43 - Povrch odmaštěného zinku (2 různá místa na vzorku) žárový zinek. ....	63
Obrázek 44 - Povrch odmaštěného zinku (2 různá místa na vzorku) kontinuálně zinkovaný plech. ....	63
Obrázek 45 - Testex páska. ....	65
Obrázek 46 - Vzorek 18 po 100 hodinách v korozní komoře. ....	68
Obrázek 47 - Vzorek 69 po 100 hodinách v korozní komoře. ....	69
Obrázek 48 - Vzorek 3Od po 100 hodinách v korozní komoře. ....	69
Obrázek 49 - Vzorek 3N po 100 hodinách v korozní komoře. ....	69

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Stupně čistoty povrchu dle jednotlivých norem.....	30
Tabulka 2 - Mechanické vlastnosti Ocelového plechu S355MC. ....	41
Tabulka 3 - Jakost základního ocelového plechu S355MC.....	41
Tabulka 4 - Základní údaje o nátěrové hmotě. ....	43
Tabulka 5 - Informace o vzorcích a číslování sad vzorků. ....	56
Tabulka 6 - Měření drsnosti před odmaštěním ČSN EN ISO 4287 žárového zinku.....	58
Tabulka 7 - Měření drsnosti před odmaštěním ČSN EN ISO 4287 kontinuálně zinkovaného plechu. ....	59
Tabulka 8 - Měření drsnosti po odmaštění ČSN EN ISO 4287 žárového zinku. ....	62
Tabulka 9 - Měření drsnosti po odmaštění ČSN EN ISO 4287 kontinuálně zinkovaný plech.	62
Tabulka 10 - Tloušťka zinku na každém vzorku v $\mu\text{m}$ .....	64
Tabulka 11 - Stanovení kotvícího profilu u žárového zinku a kontinuálně zinkovaného plechu. ....	65
Tabulka 12 - Naměřená tloušťka zinku a barvy v $\mu\text{m}$ . ....	67
Tabulka 13 - Přílnavost nátěrového systému.....	70
Tabulka 14 - Přílnavost nátěrového systému.....	71
Tabulka 15 - Přílnavost nátěrového systému.....	72
Tabulka 16 - Mikrosnímky řezu nátěrového systému. ....	73
Tabulka 17 - Mikrosnímky řezu nátěrového systému. ....	74
Tabulka 18 - Vyhodnocení nátěrového systému dle normy ČSN EN ISO 4628. ....	79

## Seznam grafů

Graf 1: Naměřené drsnosti povrchu Ra. ....	76
Graf 2: Naměřené drsnosti povrchu Ra. ....	76
Graf 3: Naměřené drsnosti povrchu Rz. ....	76
Graf 4: Naměřené drsnosti povrchu Rz. ....	77
Graf 5: Závislost kotvícího profilu na materiálu a povrchové přípravě. ....	77
Graf 6: Porovnání tloušťky zinku a barvy u vzorků. ....	78
Graf 7: Průměrné tloušťky zinku a barvy u vzorků. ....	78
Graf 8: Hodnocení přilnavosti povlaku. ....	79



## **Seznam příloh**

Příloha č. 1 – Údajový list

## Příloha č. 1



# Údajový list

## HEMPATHANE FAST DRY 55750

55750: BASE (BÁZE) 55759: CURING AGENT (TUŽIDLO) 97050

<b>Popis:</b>	HEMPATHANE FAST DRY 55750 je dvousložková polyurethanová nátěrová hmota vytvrzovaná alifatickým isokyanátem s dobrou stálostí barevného odstínu a lesku. Obsahuje zinkfosfát.
<b>Doporučené použití:</b>	Jako vysokonanášivý jednovrstvý nátěrový systém splňující požadavky na nízký obsah VOC pro ochranu ocelových konstrukcí v mírném korozním prostředí. V nátěrovém systému může být také použit jako podkladový nebo vrchní nátěr.
<b>Provozní teplota</b>	Maximálně, pouze za sucha: 120°C/248°F (viz. POZNÁMKY na druhé straně)
<b>Dostupnost:</b>	Součástí nabídkového listu. Místní dostupnost proti potvrzení.
<b>FYZIKÁLNÍ ÚDAJE:</b>	
Číslo odstínu/odstíny:	12170* / Šedá.
Konečný vzhled:	Polo-lesklý
Obsah sušiny, %:	65
Teoretická výdatnost:	6.5 m <sup>2</sup> /l [260.7 sq.ft./US gallon] - 100 µm/4 mils
Bod vzplanutí:	29 °C [84.2 °F]
Specifická hmotnost:	1.4 kg/litr [11.9 lbs/US gallon]
Suchý povrch:	1 přibližně hodin(y) 20°C
Suchý na dotek:	1 přibližně hodin(y) 20°C
Plně vytvrzen:	7 den/dny 20°C
Obsah VOC:	332 g/l [2.8 lbs/US gallon] * Další odstíny jsou dostupné pomocí Hempel's MULTI-TINT systému. Uvedené fyzikální konstanty jsou nominální hodnoty podle schválených předpisů firmy HEMPEL.
<b>APLIKAČNÍ DETAILY:</b>	
Verze, míchané produkty:	55750
Poměr míchání:	BASE (BÁZE) 55759: CURING AGENT (TUŽIDLO) 97050 9.1 : 0.9 objemově
Metoda aplikace:	Bezvzduchové stříkání (viz. POZNÁMKY na druhé straně) / Štětce (viz. POZNÁMKY na druhé straně)
Redidlo (max. objem):	08080 (5%) / 08080 (5%)
Doba zpracovatelnosti:	3 hod. 20°C
Velikost ústí trysky:	0.015 - 0.021 "
Tlak na trysce	200 - 250 bar [2900 - 3625 psi] (Údaje pro bezvzduchové stříkání jsou doporučené a mohou být přizpůsobeny)
Čištění nářadí:	HEMPEL'S THINNER 08080
Doporučená tloušťka nátěrového filmu, suchá:	100 µm [4 mils]
Doporučená tloušťka nátěrového filmu, mokrá:	175 µm [7 mils]
Přetírací interval, min:	Dle specifikace.
Přetírací interval, max:	Dle specifikace.
<b>Bezpečnost:</b>	Při manipulaci postupujte opatrně. Před a během použití dodržujte všechny bezpečnostní instrukce na nálepkách balení, seznámte se s pokyny v bezpečnostních listech výrobku firmy HEMPEL a dodržujte platné bezpečnostní předpisy.

**HEMPATHANE FAST DRY 55750****PŘÍPRAVA POVRCHU:**

Dle specifikace.

**APLIKAČNÍ PODMÍNKY:**

Aplikujte pouze na čistý a suchý povrch při teplotě nad rosným bodem, aby nedocházelo ke kondenzaci. Minimální teplota pro vytvrzení je: -10°C/14°F  
 Při bodu mrazu a teplotách pod bodem mrazu vzniká nebezpečí tvorby ledu na povrchu, který omezi přilnavost nátěru. Tvorba filmu může být negativně ovlivněna mírným deštěm, vysokou vlhkostí a/nebo kondenzací při aplikaci a během následujícího intervalu po aplikaci: 24 hod., 20°C.  
 V uzavřených prostorech zajistěte dostatečné větrání během aplikace a schnutí.

**PŘEDCHOZÍ NÁTĚR:**

Žádný nebo dle specifikace.

**NÁSLEDNÝ NÁTĚR:**

Žádný.

**Poznámky**

CURING AGENT (TUŽIDLO) 97050: je citlivý na vzdušnou vlhkost. Skladujte na suchém místě a do doby použití ponechte balení pevně uzavřené. Balení tužidla otevírejte opatrně, protože nádobka může být natlakovaná. Dokonce malé množství vody rozmíchané v barvě bude mít za následek snížení doby zpracovatelnosti nátěrové hmoty a vznik defektů ve výsledném nátěrovém filmu.

**Stabilita odstínů/odstínu:**

Určité bezolovnaté červené a žluté barevné odstíny mohou po vystavení chlorovému prostředí změnit svůj barevný odstín.

Pro získání maximální kryvosti je nezbytné - zvláště u některých bezolovnatých odstínů (např. červené, oranžové, žluté a zelené) - nanést další nátěr navíc.

Mírné vyblednutí může nastat při teplotách nad: 120°C/248°F.

**Atmosférická / provozní teplota:**

Produkt bude měknout při teplotách nad: 120°C/248°F.

**Aplikace:**

Aplikace produktu v rámci jednovrstvého nátěrového systému je možná. Životnost jednovrstvých nátěrových systémů silně závisí na metodě aplikace. Doporučená tloušťka suchého nátěrového filmu je: 80 µm. Navíc, a v souladu s dobrou nátěrovou praxí, před aplikací musí být špatně přístupná místa opatřena dodatečným nátěrem.

**Tloušťka nátěrového filmu:**

V závislosti na účelu a oblasti použití může být specifikována jiná tloušťka nátěrového filmu než je uvedena. Tím se změní vydatnost a může být ovlivněna doba zasychání a interval mezi nátěry. Běžný rozsah tlouštěk suchého nátěrového filmu je: 80 - 160 µm.

**Přetírání:**

Přetírací intervaly pro naposledy uvedené podmínky: Pokud je maximální přetírací interval překročen, je nezbytné povrch zdrsňit pro zajištění přilnavosti mezi nátěry.

Po vystavení vlivům znečištěného prostředí, je nutné před nanášením dalšího nátěru očistit dokonale povrch, opláchnutím vysokotlakou čistou vodou a nechat uschnout.

Nátěrová specifikace nahrazuje přetírací intervaly uvedené v tabulce.

Prostředí	Atmosférické, střední					
	-10°C (14°F)		0°C (32°F)		20°C (68°F)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
HEMPATHANE	2 d	None	1 d	None	4 h	None

NR = nedoporučuje se, Ext. = prodloužený int., None = žádný, m = minuty, h = hodiny, d = dny

**Přetírací intervaly:**

Naprostě čistý povrch je podmínkou pro zajištění dobré přilnavosti dalších nátěrů, a to zejména v případě dlouhých přetíracích intervalů. Veškeré nečistoty, olej a mastnotu je třeba odstranit např. vhodným detergentem a následně povrch omýt vysokotlakou čistou vodou. Soli je třeba odstranit opláchnutím čistou vodou.

Pro kontrolu odpovídající kvality čistoty povrchu se doporučuje provést test na malé ploše.

**Poznámka:**

**HEMPATHANE FAST DRY 55750 Pouze pro profesionální použití.**

**VYDAL:**

HEMPEL A/S  
5575012170

Tento Údajový list výrobku nahrazuje ty vydané dříve.

Vysvětlení, definice a rozsah - viz. dokument "Vysvětlující poznámky k údajovým listům výrobků", který je dostupný na [www.hempel.cz](http://www.hempel.cz). Údaje, specifikace, nařízení a doporučení uvedená v tomto údajovém listu vycházejí ze zkušeností získaných za fyzických nebo speciálně definovaných okolností. Jejich přesnost, kompletnost nebo vhodnost pro skutečné podmínky jakéhokoli zamýšleného použití není zaručena a musí být stanovena uživatelem. Výrobky jsou dodávány a jakákoliv technická pomoc je poskytována v souladu se VŠEOBECNÝMI PODMÍNKAMI PRO PRODEJ, DODÁVKY A SLUŽBY firmy Hempel, není-li písemně výslovně dohodnuto jinak. Výrobce a prodejce není v žádném rozsahu, nad rámec zde uvedeného, odpovědný za dosažené výsledky, škody, přímá či následná poškození vyplývající z použití výše doporučeného, uvedeného na zadní straně listu či jinde. Výrobní údaje podléhají změnám bez upozornění a jejich platnost bude automaticky ukončena po pěti letech od vydání.

# HEMPEL

Údajový list výrobku